

Школа: ИШНПТ

Направление подготовки: 15.04.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ): Материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей</b>

УДК 621.713.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM828	Нораев Дмитрий Сергеевич		07.06.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С	К.Т.Н.		07.06.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мухолзоев А.В			07.06.2020

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н		05.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	Д.Т.Н		06.06.2020

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. ОМ ИШНПТ	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		07.06.2020

**Планируемые результаты обучения по ООП 15.04.01 Машиностроение  
(магистратура)**

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>
<b><i>Общепрофессиональные и профессиональные компетенции</i></b>	
<b>P1</b>	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин
<b>P2</b>	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/CAM/CAE продуктов
<b>P3</b>	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
<b>P4</b>	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
<b>P5</b>	Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность
<b>P6</b>	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента в качестве предприятия
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
<b>P7</b>	Готовность следовать кодексу профессиональной этики и социальным нормам ведения инженерной деятельности
<b>P8</b>	Готовность к непрерывному самосовершенствованию в инженерной педагогической и исследовательской деятельности и способность критически переосмысливать накопленный опыт

<b>P9</b>	Способность организовывать и эффективно управлять работой коллектива, состоящего из специалистов различных направлений и квалификаций, а также готовность нести ответственность за результаты выполненной работы
<b>P10</b>	Способность осуществлять коммуникации в профессиональной среде, презентовать и защищать результаты инженерной и исследовательской деятельности, в том числе и на иностранном языке



обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Демонстрационный материал ( презентация в MS PowerPoint)
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Исследовательский	Мухолзоев А.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Раздел на иностранном языке	Кобзева Н.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
2.2.6 Алгоритм расчета технологических размеров при проектировании технологического процесса детали «матрица», 2.2.6.1 Расчет диаметральных технологических размеров	
<b>Дата выдачи задания на выполнение магистерской диссертации по линейному графику</b>	01.10.2018г.

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	к.т.н.		01.10.2018г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Нораев Дмитрий Сергеевич		01.10.2018г.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 страниц, 42 рисунка, 29 таблиц, 23 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: технологический процесс, базы данных, размерная цепь, размерный анализ, алгоритм, архитектура, интерфейс.

Объектом исследования является разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей

Цель работы – повышение эффективности технологических размерных расчетов путем разработки программы для автоматизированного размерного анализа технологических процессов.

Работа проводилась, основываясь на научные методики размерного анализа технологических процессов. Моделирование и обработка данных производилась с применением ЭВМ.

Область применения: технология машиностроения.

Основным достоинством модуля, является использование для подготовки исходных данных только информации чертежа и технологического процесса. Из процесса подготовки данных исключен трудоемкий этап построения размерных схем, характерный для других программ, который заменяется описанием геометрических моделей детали и технологического процесса.

В результате исследования было спроектировано и реализовано программное средство для автоматизированного расчета технологического процесса размерных цепей.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	9
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ .....	12
1.1 Обзор литературы по теме исследования .....	12
1.2 Объект и методы исследования .....	12
1.2.1 Метод В. В. Матвеева .....	13
1.2.2 Модуль технологического размерного анализа компании «АСКОН» для «Компас-автопроект» .....	28
Вывод по разделу .....	33
2.1 Описание программной реализации .....	34
2.1.1 Декомпозиция задачи .....	34
2.2.2 Пользовательский интерфейс .....	34
2.2.3 Основные алгоритмы работы .....	37
2.2.4 Служебная база данных .....	40
2.2.5 Архитектура программной системы .....	41
2.2.6 Алгоритм расчета технологических размеров при проектировании технологического процесса детали «матрица» .....	43
2.2.6.1 Расчет диаметральных технологических размеров .....	47
2.2.6.2 Расчет продольных технологических размеров .....	50
2.2.7 Пример работы модуля автоматического расчета технологических размерных цепей .....	51
Вывод по разделу .....	58
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	60
3.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ .....	60
3.1.1 Потенциальные потребители .....	60
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	61
3.2 FAST-АНАЛИЗ .....	62
3.2.1 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	66
3.3 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ .....	67
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	67
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	68
3.4 РАСЧЁТ СМЕТЫ ЗАТРАТ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА .....	71
3.4.1 Основная заработная плата .....	71
3.4.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	73
3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды .....	74
3.4.4 Материальные затраты .....	74
3.4.5 Затраты на электроэнергию .....	75

3.4.6 Накладные расходы.....	75
3.5 ОЦЕНКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОЕКТА .....	76
Вывод по разделу .....	77
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	79
4.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ...	79
4.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	80
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....	80
4.2.2 Анализ показателей шума.....	81
4.2.3 Анализ показателей микроклимата .....	81
4.2.4 Анализ освещенности рабочей зоны .....	82
4.2.5 Анализ электробезопасности .....	85
4.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	86
4.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ .....	88
4.4.1 Анализ пожарной безопасности .....	89
Выводы по разделу.....	90
Заключение .....	91
Список использованных источников .....	93
Приложение А .....	95



## Введение

Вопрос о выборе метода достижения точности обработки заготовок и сборки машины должен решаться на базе технико-экономических расчетов. Выбор способа обеспечения точности замыкающего звена начинается с изучения рабочих чертежей деталей либо сборочных чертежей изделия. Это позволяет выявить размерные связи между звеньями, исходные (замыкающие) и составляющие звенья, определить соответствующие размерные цепи. Размерный анализ технологических процессов основывается на общей теории размерных цепей и способах их расчета (РД 50-635-87).

Для решения задач проектирования технологических процессов в последние несколько лет все обширнее используется электронно-вычислительная техника, в особенности в серийном производстве.

Работы в области размерного анализа позволили не только снизить металлоемкость, но и снизить общую себестоимость продукции на стадии технологической подготовки производства.

Однако размерный анализ ставит перед собой весьма трудоемкие задачи, не всегда учитывающие частные случаи, но это вполне решаемо при современном развитии вычислительной техники. Методы такой обработки существуют, но остаются неудобными, несовершенными в использовании, а также требуют совершенства и дальнейшей адаптации для конечного пользователя.

В связи с этим, возникает необходимость в разработке программного модуля. Где в качестве исходных данных будут использоваться: конструкторский чертеж изделия или эскиз детали их конструкторские размеры, допуски и предельные отклонения. В качестве результата – средние значения технологических размеров и, если такие имеются, конструкторские размеры, которые не выдерживаются при заданных исходных данных.

В качестве объекта исследования выступает разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей.

Предмет исследования — установление связей между технологическим размерным анализом и компьютерным моделированием с целью сокращения затрат времени на подготовку и расчет размерных цепей.

Цель исследования: повысить эффективность технологических размерных расчетов путем разработки программы для автоматизированного размерного анализа технологических процессов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Провести обзор существующих решений для автоматизации размерного анализа технологических процессов.

2. Составить алгоритм технологических размеров при проектировании технологического процесса детали матрица.

3. Разработать более совершенное программное средство, которое бы автоматизировало размерный анализ и облегчило технологический процесс изготовления деталей.

Научная новизна заключается в усовершенствованном методе автоматизированного расчета технологических размерных цепей при помощи разработанного программного модуля.

Актуальность работы: применение и массовое использование программного модуля, даст возможность автоматизировать процедуру размерного анализа. Позволит освободить технолога от весьма трудоемкой работы по выявлению и решению размерных цепей, оставив за ним лишь подготовку исходных данных и анализ результатов выполненных на ЭВМ расчетов.

На защиту выносятся:

Показатели исследования состояния проблемы автоматизации размерного анализа.

Математические модели плоских технологических размерных схем с непараллельными звеньями.

Алгоритмы расчета средних значений технологических размеров и допусков замыкающих звеньев технологических размерных цепей.

Программное средство для размерного анализа технологических процессов изготовления деталей.

# **1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ**

## **1.1 Обзор литературы по теме исследования**

Первые исследования в области автоматизации в России были выполнены И.А. Иващенко и его рабочей группой [1]. Результатом этих исследований стал метод автоматизированного построения размерных цепей и расчета линейных и диаметральных технологических размеров. Работу в этой области продолжил В.В. Матвеев, который разработал методику подготовки исходных данных геометрической модели детали и ее заготовки.

С появлением и развитием САПР расчет размерного анализа стал более эффективным благодаря повышению вычислительных мощностей компьютерной техники. Одним из примеров применения ЭВМ стала работа О.Н. Калачева [3], который основываясь на размерную схему и граф перенес все вычисления в систему Автокад. В связи с широким практическим применением размерного анализа свои варианты выполнения вычислений стали предлагать крупные производители промышленного ПО, такие как АСКОН, который разработал для этого специализированный модуль «Компас – автопроект». Ко всему прочему, компания Аскон прекратила работу в среде «Компас – автопроект», в которую входил модуль. Связи с прекращением компанией АСКОН работ по развитию и поддержке вышеупомянутого модуля появилась необходимость в альтернативном ПО. Так, например, одними из подобных проектов являются работа В.Б. Масагина [4] (программа NORMAL) и предложенный А.В. Мухомозовым алгоритм модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей.

## **1.2 Объект и методы исследования**

Объектом исследования является разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей.

Были проанализированы уже существующие методы автоматизации размерного анализа: метод В. В. Матвеева, метод О. Н. Калачева, метод И. Хармац.

### **1.2.1 Метод В. В. Матвеева**

В. В. Матвеев в работе «Размерный анализ технологических процессов» описывает алгоритмы расчета технологических размерных цепей на совместимых ЭВМ общего назначения в том числе и на программируемых микрокалькуляторах.

В. В. Матвеев формирует размерную схему в вид таблицы на рисунке 1 для обратной задачи, и на рисунке 2 для прямой.

Обозначение	Группа	Код	Признак		A	$\Delta_B$	$\Delta_H$	$\Delta_\omega$	$A_{cp}$	$\frac{\omega}{2}$	$A_{min}$	$A_{max}$	t, 2	Код округления	Применение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$A_{\Delta\Phi}$	1≠	00-00	пров						1,1	0,9	0,2	2,0			$V_H = 0,05$
$A_\Delta$	8+	—	изо	+1	50	+0,2	-0	+0,1	50,1	0,1	0,15	2,05		00	$V_B = 0,05$
$A_1$	8+	—	изо	-1	30	+0,5	-0,5	0	30	0,5				—	e = 0
$A_2$	7+	—	изп	-1	19,1	+0,2	-0,4	-0,1	19	0,3				—	
$A_3$															
$B_{\Delta\Phi}$	1≠	—	пров						1,1	0,59	0,51	1,69			$V_H = 0,36$
$B_\Delta$	8+	—	изо	+1	50	+0,2	-0	+0,1	50,1	0,1	0,15	2,05	3,0	—	$V_B = 0,36$
$B_1$	8+	—	изо	-1	30	+0,5	-0,5	0	30	0,5			0,111	—	e = 0
$B_2$	7+	—	изп	-1	19,1	+0,2	-0,4	-0,1	19	0,3			0,111	—	
$B_3$													0,111	—	
$B_{\Delta\Phi}$	1≠	—	пров						1,1	0,7	0,4	1,8			$V_H = 0,25$
$B_\Delta$	8+	—	изо	+1	50	+0,2	-0	+0,1	50,1	(0,1)	0,15	2,05		—	$V_B = 0,25$
$B_1$	8+	—	изо	-1	30	+0,5	-0,5	0	30	(0,5)				—	e = 0
$B_2$	7+	—	изп	-1	19,1	+0,2	-0,4	-0,1	19	(0,3)				—	
$B_3$															
$B_{заз}$			заз												

Рисунок 1 – Таблица исходных данных для решения обратной задачи

Обозначение	Группа	Код	Признак		A	$\Delta_B$	$\Delta_H$	$\Delta_\omega$	$A_{cp}$	$\frac{\omega}{2}$	$A_{min}$	$A_{max}$	t, 2	Код округления	Применение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$A_{\Delta\Phi}$	1≠	00-00	пров						1,1	0,9	0,2	2,0			$V_H = 0,05$
$A_\Delta$	8 +	–	изо	+1	50	+0,2	–0	+0,1	50,1	0,1	0,15	2,05		00	$V_B = 0,05$
$A_1$	8 +	–	изо	–1	30	+0,5	–0,5	0	30	0,5				–	$e = 0$
$A_2$	7 +	–	изп	–1	19,1	+0,2	–0,4	–0,1	19	0,3				–	
$A_3$															
$B_{\Delta\Phi}$	1≠	–	пров						1,1	0,59	0,51	1,69			$V_H = 0,36$
$B_\Delta$	8 +	–	изо	+1	50	+0,2	–0	+0,1	50,1	0,1	0,15	2,05	3,0	–	$V_B = 0,36$
$B_1$	8 +	–	изо	–1	30	+0,5	–0,5	0	30	0,5			0,111	–	$e = 0$
$B_2$	7 +	–	изп	–1	19,1	+0,2	–0,4	–0,1	19	0,3			0,111	–	
$B_3$													0,111	–	
$B_{\Delta\Phi}$	1≠	–	пров						1,1	0,7	0,4	1,8			$V_H = 0,25$
$B_\Delta$	8 +	–	изо	+1	50	+0,2	–0	+0,1	50,1	(0,1)	0,15	2,05		–	$V_B = 0,25$
$B_1$	8 +	–	изо	–1	30	+0,5	–0,5	0	30	(0,5)				–	$e = 0$
$B_2$	7 +	–	изп	–1	19,1	+0,2	–0,4	–0,1	19	(0,3)				–	
$B_3$															
$B_{ззз}$			ззз												

Рисунок 2 – Таблица исходных данных для решения прямой задачи.

Рассмотрим пример работы программы В. В. Матвеева на примере размерного расчета детали «Вал с пазом» чертеж которого представлен на рисунке 3.

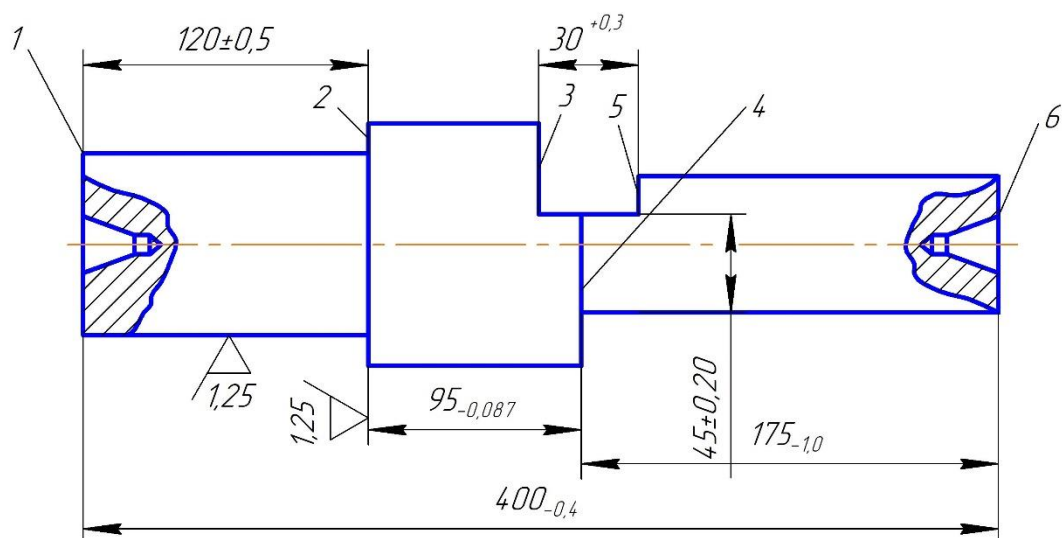


Рисунок 3 – Чертеж вала с пазом

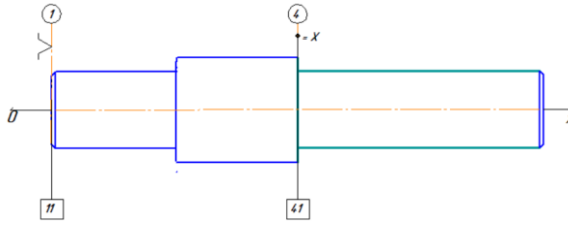
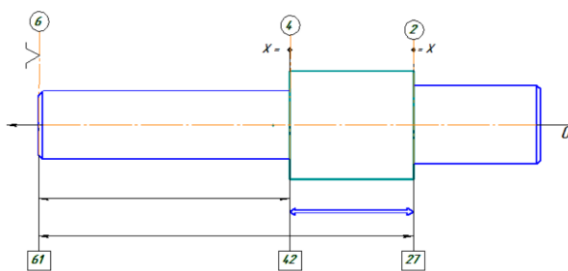
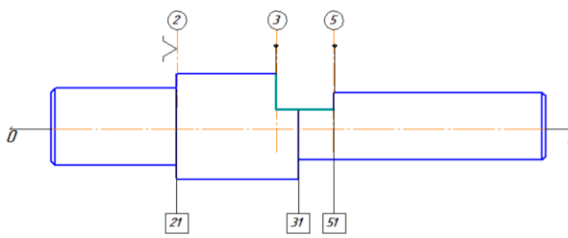
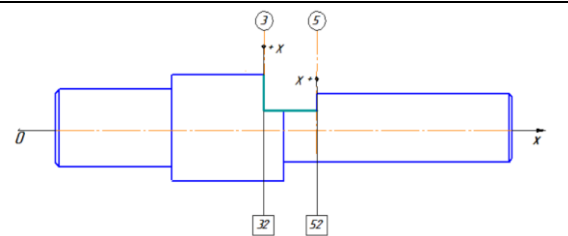
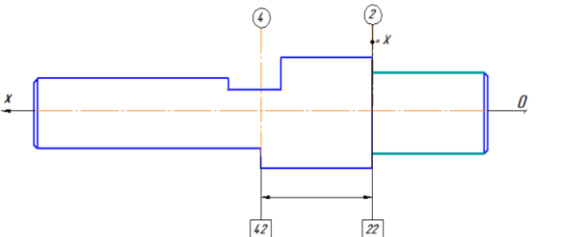
Технологический маршрут обработки представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технологический маршрут изготовления детали «Вал с пазом»

№ операции	Эскиз	Размеры
0 Заготови - тельная		6 – 10 – 20 опр + 0,7 – 0,3 6 – 10 – 60 опр + 1,7 – 0,3 6 – 20 – 40 опр + 1,3 – 0,7 Размеры для справок: 5 ≠ 10 – 40 заз ± 1,1 5 ≠ 40 – 60 заз ± 1,25
10 Фрезерно - центровальная		2 = 61 – 60 мин 0,2 ... 4,0 6 – 40–61 опр + 0 – 1,15 2 = 10 – 11 мин 0,2 ... 4,0 8 + 11 – 61 изо 400 + 0 – 0,4



Продолжение таблицы 2.1

20 Токарная		$2 = 41 - 40 \text{ мин } 0,2 \dots 2,5$ $6 - 11 - \text{опр} + 0 - 0,29$
30 Токарная		$2 = 20 - 21 \text{ мин } 0,2 \dots 4,0$ $6 - 21 - 61 \text{ опр} + 0 - 0,32$ $2 = 42 - 41 \text{ мин } 0,05 \dots 1,15$ $6 = 42 - 61 \text{ опр} + 0 - 0,29$ Размеры для справок $5 \neq 21 - 42 \text{ заз } \pm 0,05$
40 Фрезерная		$6 - 21 - 31 \text{ опр} + 0 - 0,30$ $7 + 31 - 51 \text{ изп} + 30 + 0,2 - 0$
50 Электрохимическая		Растравливание поверхностей 3 и 5. $7 + 35 - 31 \text{ изп } 0 + 0,05 - 0$ $7 + 51 - 52 \text{ изп } 0 + 0,05 - 0$
60 Шлифовальная		$2 = 21 - 22 \text{ мин } 0,05 \dots 0,5$ $8 + 22 - 42 \text{ из } 95 + 0 - 0,087$

На основе спроектированного технологического процесса составляется размерная схема на рисунке 4.

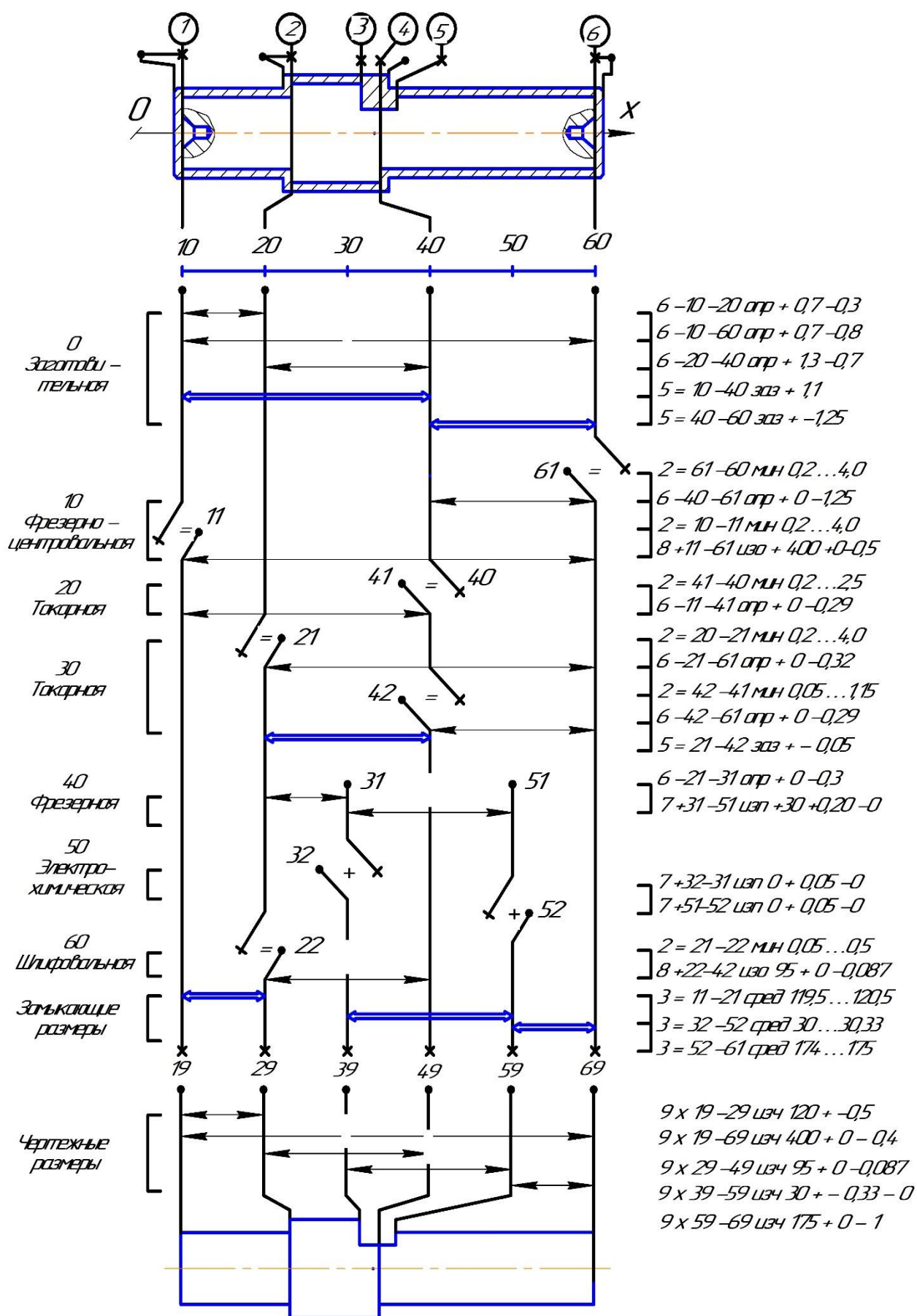


Рисунок 4 – Размерная схема и кодирование информации для ЭВМ.

Программа автоматически формирует размерные цепи и выводит результат на печать. Для рассматриваемого примера результат будет напечатан в виде рисунок 5.

цепь

$$3 = 52 = 61 < - 21 - > 31 \rightarrow > 51 + > 52$$

$$3 = 32 = 52 < + 51 < + 31 < + 32 =$$

$$3 = 11 = 22 + > 42 - > 61 < + 11 =$$

$$2 = 21 = 22 + > 42 + > 61 < + 21 =$$

$$2 = 42 = 41 + > 11 < - 61 < - 42 =$$

$$2 = 20 = 21 - > 61 < - 40 < - 20 =$$

$$2 = 41 = 40 - > 61 < - 11 - > 41 =$$

$$2 = 10 = 11 - > 61 < - 40 < - 20 < - 10$$

$$2 = 61 = 60 < - 10 - > 20 - > 40 - > 61$$

$$5 = 21 = 42 - > 20 - > 61 < - 21 =$$

$$5 = 40 = 60 < - 60 < - 10 - > 20 - > 40 =$$

$$5 = 10 = 40 < - 20 < - 10 =$$

конец

Рисунок 5 – Размерная схема и кодирование информации для ЭВМ.

После формирования цепей, программа производит их расчет и выводит результаты в виде на рисунке 6.

решение

$$\begin{aligned}\text{цель } 3 &= 32 = 52 < + 51 < + 31 < + 32 = \\ 3 &= 32 - 52 < + 530 \cdot 000 \dots 30 \text{ с } 300 \quad 30 \cdot 150 (+ - 0 \cdot 150) \\ \text{н запас} &= 0 \cdot 000 \quad \text{в запас} = 0 \cdot 030\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{цель } 3 &= 11 = 22 + > 42 - > 61 < + 11 = \\ 6 &= 42 - 61 \quad 184 \cdot 988 (0 \cdot 000 - 0 \cdot 290) \quad 184 \cdot 843 (+ - 0 \cdot 145) \\ 3 &= 11 - 22 \quad 119 \cdot 611 \dots 120 \cdot 388 \quad 120 \cdot 000 (+ - 0 \cdot 388) \\ \text{н запас} &= 0 \cdot 111 \quad \text{в запас} = 0 \cdot 111\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{цель } 2 &= 21 = 22 + > 42 - > 61 < - 21 = \\ \text{цель } 5 &= 21 = 42 - > 61 < - 21 = \\ 6 &= 21 - 61 \quad 280 \cdot 103 (0 \cdot 000 - 0 \cdot 320) \quad 279 \cdot 943 (+ - 0 \cdot 160) \\ 2 &= 21 - 22 \quad 0 \cdot 050 \dots 0 \cdot 237 \quad 0 \cdot 143 (+ - 0 \cdot 093) \\ \text{н запас} &= 0 \cdot 000 \quad \text{в запас} = 0 \cdot 263\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{цель } 2 &= 42 = 41 < - 11 + > 61 < - 42 = \\ 6 &= 40 - 61 \quad 183 \cdot 758 (0 \cdot 000 - 1 \cdot 150) \quad 183 \cdot 183 (+ - 0 \cdot 575) \\ 2 &= 41 - 40 \quad 0 \cdot 200 \dots 2 \cdot 040 \quad 1 \cdot 120 (+ - 0 \cdot 920) \\ \text{н запас} &= 0 \cdot 000 \quad \text{в запас} = 0 \cdot 460\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{цель } 3 &= 52 = 61 < - 21 - > 31 + > 51 + > 52 = \\ 6 &= 21 - 31 \quad 75 \cdot 468 (0 \cdot 000 - 0 \cdot 300) \quad 75 \cdot 318 (+ - 0 \cdot 150) \\ 3 &= 52 - 61 \quad 174 \cdot 065 \dots 174 \cdot 935 \quad 174 \cdot 500 (+ - 0 \cdot 435) \\ \text{н запас} &= 0 \cdot 065 \quad \text{в запас} = 0 \cdot 065\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{цель } 2 &= 20 = 21 - > 61 < - 40 < - 20 = \\ 6 &= 20 - 40 \quad 98 \cdot 395 (+ 1 \cdot 300 - 0 \cdot 700) \quad 98 \cdot 695 (+ - 1 \cdot 000) \\ 2 &= 20 - 21 \quad 0 \cdot 200 \dots 3 \cdot 670 \quad 1 \cdot 935 (+ - 1 \cdot 735) \\ \text{н запас} &= 0 \cdot 000 \quad \text{в запас} = 0 \cdot 330\end{aligned}$$

Рисунок 6 – Результаты расчета (начало)

решение

цель 3 = 32 = 52 < + 51 < + 31 < + 32 =  
3 = 32 - 52 < + 530 · 000 ... 30 с 300 30 · 150 (+ - 0 · 150)  
н запас = 0 · 000 в запас = 0 · 030

цель 3 = 11 = 22 + > 42 - > 61 < + 11 =  
6 = 42 - 61 184 · 988 ( 0 · 000 - 0 · 290) 184 · 843 (+ - 0 · 145)  
3 = 11 - 22 119 · 611 ... 120 · 388 120 · 000 (+ - 0 · 388)  
н запас = 0 · 111 в запас = 0 · 111

цель 2 = 21 = 22 + > 42 - > 61 < - 21 =  
цель 5 = 21 = 42 - > 61 < - 21 =  
6 = 21 - 61 280 · 103 ( 0 · 000 - 0 · 320) 279 · 943 (+ - 0 · 160)  
2 = 21 - 22 0 · 050 ... 0 · 237 0 · 143 (+ - 0 · 093)  
н запас = 0 · 000 в запас = 0 · 263

цель 2 = 42 = 41 < - 11 + > 61 < - 42 =  
6 = 40 - 61 183 · 758 ( 0 · 000 - 1 · 150) 183 · 183 (+ - 0 · 575)  
2 = 41 - 40 0 · 200 ... 2 · 040 1 · 120 (+ - 0 · 920)  
н запас = 0 · 000 в запас = 0 · 460

цель 3 = 52 = 61 < - 21 - > 31 + > 51 + > 52 =  
6 = 21 - 31 75 · 468 ( 0 · 000 - 0 · 300) 75 · 318 (+ - 0 · 150)  
3 = 52 - 61 174 · 065 ... 174 · 935 174 · 500 (+ - 0 · 435)  
н запас = 0 · 065 в запас = 0 · 065

цель 2 = 20 = 21 - > 61 < - 40 < - 20 =  
6 = 20 - 40 98 · 395 ( + 1 · 300 - 0 · 700) 98 · 695 (+ - 1 · 000)  
2 = 20 - 21 0 · 200 ... 3 · 670 1 · 935 (+ - 1 · 735)  
н запас = 0 · 000 в запас = 0 · 330

цель 2 = 10 = 11 + > 61 < - 40 < - 20 < - 10 =  
цель 5 = 10 = 40 < - 20 < - 10 =  
6 = 10 - 20 119 · 796 (+ 0 · 700 - 0 · 300) 119 · 996 (+ - 0 · 500)  
2 = 10 - 11 0 · 200 ... 3 · 950 2 · 075 (+ - 1 · 875)  
н запас = 0 · 000 в запас = 0 · 050

цель 2 = 61 = 60 < - 10 - > 20 - > 40 - > 61 =  
цель 5 = 40 = 60 < - 10 - > 20 - > 40 =  
6 = 10 - 60 403 · 450 (+ 1 · 700 - 0 · 800) 403 · 900 (+ - 0 · 250)  
2 = 61 - 60 0 · 200 ... 3 · 850 2 · 025 (+ - 1 · 825)  
н запас = 0 · 000 в запас = 0 · 150

конец

Рисунок 6 – Результаты расчета (окончание)

Алгоритмы, полученные в результате исследований Матвеева использованы для создания пакета прикладных программ (ППП) «Visual KursAR».

Ввод и вывод данных производится через текстовые файлы, содержание файлов, имеет условные обозначения:

- (18\_48) — составляющее звено размерной цепи (РЦ);
- (18) — код (номер) левой границы звена (число цифр не более пяти);
- (48) — код (номер) правой границы звена (число цифр не более пяти);
- 2(3\_4) — диаметральный размер звена или полное радиальное биение;
- (3\_4) ном — номинальное значение звена РЦ;
- (3\_4) ср — среднее значение звена РЦ;
- (3+4) — известное составляющее звено РЦ;
- (1-4) — определяемое составляющее звено РЦ;
- (5~6) — заменяющее звено с известными предельными отклонениями;
- [1\_2] — замыкающее звено РЦ;
- [1#2] — замыкающее звено обратной (проверочной) задачи;
- [1=2] — замыкающее звено при решении прямой (проектной) задачи;
- {5~6} — заменяющее-замыкающее звено;
- T (3\_4) — поле допуска исходного или составляющего звена;
- T (3\_4)/2 — полуколебание поля допуска составляющего звена;
- w [1\_2] — поле рассеяния замыкающего звена;
- w [1\_2]/2 — полуколебание поля рассеяния замыкающего звена;
- T (5~6) — поле допуска заменяющего звена;
- W {5~6} — поле рассеяния заменяющего-замыкающего звена;
- во (3\_4) — верхнее предельное отклонение составляющего звена;
- но (3\_4) — нижнее предельное отклонение составляющего звена;
- во [1\_2] — верхнее предельное отклонение замыкающего звена;
- но [1\_2] — нижнее предельное отклонение замыкающего звена;
- во (5~6) — верхнее предельное отклонение заменяющего звена;

но (5~6) — нижнее предельное отклонение заменяющего звена;  
 (3\_4) min — наименьший предельный размер составляющего звена;  
 (3\_4) max — наибольший предельный размер составляющего звена;  
 [1\_2] min — наименьший предельный размер замыкающего звена;  
 [1\_2] max — наибольший предельный размер замыкающего звена;  
 (5~6) min — наименьший предельный размер заменяющего звена;  
 (5~6) max — наибольший предельный размер заменяющего звена;  
 {5~6} min — наименьший предельный размер заменяющего-  
 замыкающего звена;  
 {5~6} max — наибольший предельный размер заменяющего-  
 замыкающего звена;  
 A 0(3\_4) — координата середины поля допуска составляющего звена;  
 A w [1\_2] — координата середины поля рассеяния замыкающего звена;  
 Зап по min — запас по наименьшему предельному значению  
 замыкающего звена;  
 Зап по max — запас по наибольшему предельному значению  
 замыкающего звена.

При подготовке исходной информации, запись размеров осуществляется с помощью цифровых кодов, которые предусматривают возможность ввода в ЭВМ всех разновидностей звеньев цепей, причем каждое замыкающее и составляющее звено относится к одной из десяти групп, указанных в таблице 1.2 и таблице 1.3.

Таблица 1.2 – Группы замыкающих звеньев.

0	#	Расч	Звено, исходные параметры которого не заданы, но могут быть установлены в результате расчета его предельные значения
1	#	Пров	Звено с заданными для проверки предельными значениями
2	=	Мин	Звено с заданным наименьшим предельным значением
3	=	Сред	Звено с заданным средним значением
4	=	Макс	Звено с заданным наибольшим предельным значением
5	~	3-3	Звено, с помощью которого заменяются составляющие звенья в цепи с компенсирующимися погрешностями

Таблица 1.3 – Группы составляющих звеньев

6	-	Опр	Звено с заданными предельными отклонениями, номинальное значение которого определяется расчетом
7	+	ИзвП	Звено - промежуточный операционный размер с известным номинальным значением и предельными отклонениями
8	+	ИзвО	Звено - окончательный операционный размер с известным номинальным значением и предельными отклонениями
9	+	ИзвЧ	Исходный чертежный размер

В программе Автоматизированного Расчета размерных цепей ППП «КурсАР» используется цифровая форма записи от левой границы размерной связи или выносной линии отсчета размера до правой

Размерная цепь фиксируется только тогда, когда в контур из составляющих размеров включено замыкающее звено. Результаты расчетов выводятся в виде текстового файла.

Несомненным достоинством ППП «КурсАР» являются широкие возможности выбора заготовки, задания и редактирования конструкторских и операционных размеров, редактирования технологического процесса.

### 1.2.2 Модуль технологического размерного анализа Grakon 7 для AutoCAD О. Н. Калачева

Усовершенствование вычислительных машин, а также приход операционных систем с графическим интерфейсом позволяют значительно расширить потенциал автоматизации подготовки технологических процессов в производстве машин и оборудования в частности автоматизацию размерного анализа. Одним из ярких примеров программы для размерного расчета с графическим интерфейсом – Grakon 7.

Grakon 7 представляет собой дополнительный модуль для программы AutoCAD. Модуль, в диалоге с пользователем, моделирует размерные конфигурации заготовки на стадии проектирования технологического процесса. В качестве математического аппарата применяется теория графов вместе с теорией размерных цепей [4].



Шаг 1. Рассмотрение размерных связей детали. На базе изучения структуры БД, спроектированной конструктором, в программе автоматически выявляются все поверхности, связанные конструкторскими размерами. В случае необходимости система дает возможность в режиме запроса восполнить путем указания на экране отсутствующие или неправильно введенные размерные связи и значения размеров - нужно выбрать пункт меню «Указать». А для ручного ввода был учтен подходящий пункт из всплывающего меню «Создать новый». Наведите указатель мыши на видовой экран чертежа сначала слева, а затем справа от поверхности (линий), связанной с размером конструкции. Затем система запросит данные недостающих предельных размеров. Поверхности, указанные пользователем, перекрашиваются в зеленый цвет и соединяются размерными линиями того же цвета; появляются значения размеров. В конечном результате схема размерных связей будет выведена на экран, а в оперативной памяти формируется списковая структура вида: координаты поверхностей, наибольшее и наименьшее значения размера. Далее система перенесет выбранную информацию в графическом виде в отдельное экранное пространство. Для визуальной ориентировки проектировщика исходная модель останется на экране. Интерфейс диалога работы с конструкторскими размерами представлен на рисунке 7.

Шаг 2. Указание припусков, удаляемых в ходе намеченного технологического процесса. В диалоговом окне программы вам будет предложено выбрать поверхность для построения припуска. Для этого пользователь должен поместить курсор на линию проекции поверхности и нажать кнопку, за которой следует системный запрос: выберите сторону. При наведении перекрестия курсора вправо или влево от указанной поверхности и щелчке кнопкой мыши на поверхность будет прикреплен прямоугольник и красная полоса. Когда вы укажете припуски, эскиз будет перестроен. В последствии выполненных шагов системой строится схема конфигурации заготовки, а также списковая система координат границ припусков, связанных с

границами конструкторских размеров. На рисунке 8 представлена форма диалога с пользователем при простановке припусков.

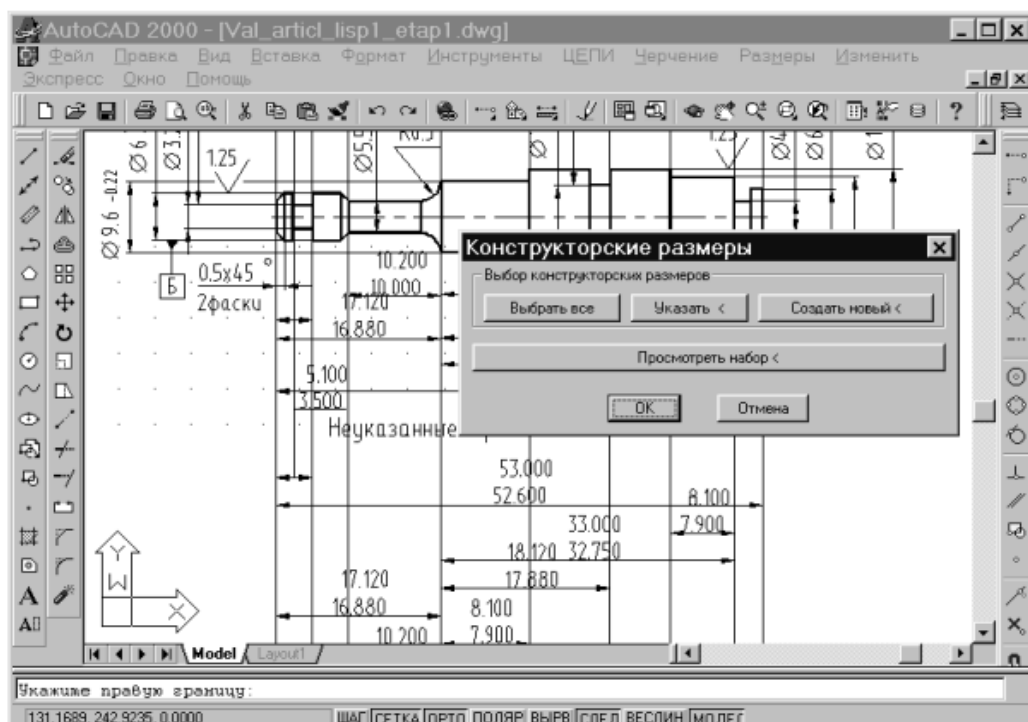


Рисунок 7 – Интерфейс диалога работы с конструкторскими размерами

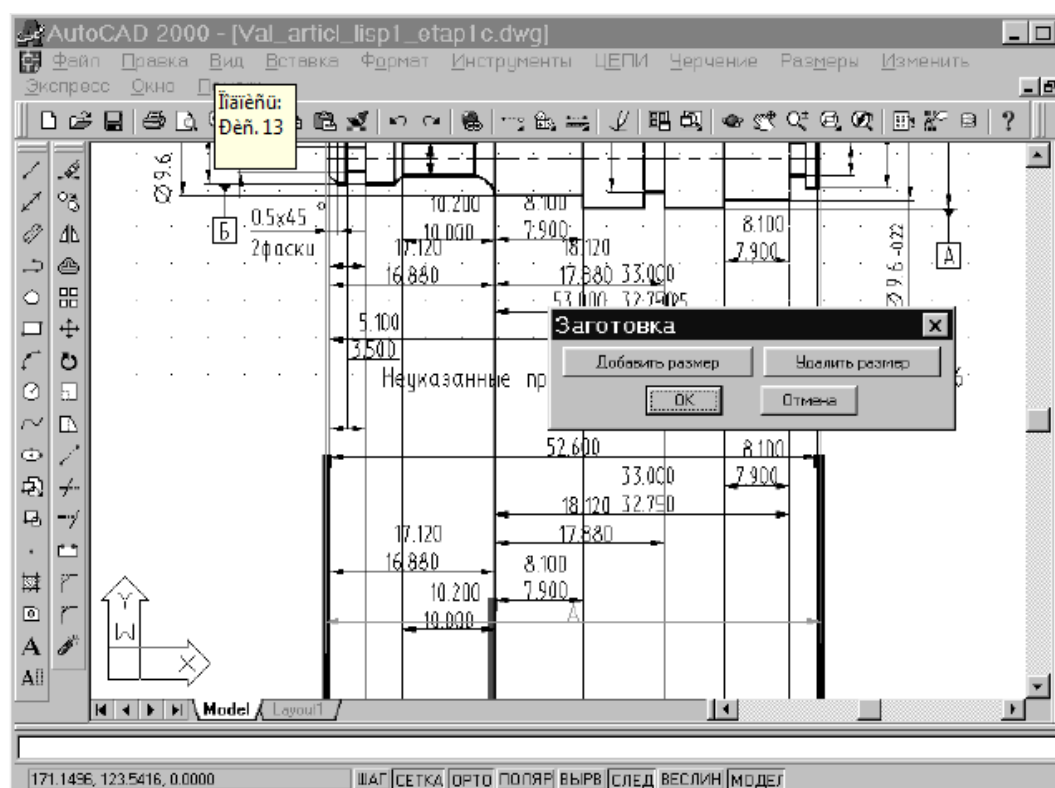


Рисунок 8 – Интерфейс диалога работы с припусками

Шаг 3. Простановка размеров заготовки. Система потребует указать поочередно левую, а затем правую поверхности, ограничивающие размер. От метода получения заготовки будет зависеть расположение размеров. Для всех размеров способ получения заготовки предполагается схожим и выбирается из контекстного меню после указания размеров заготовки. Размерными линиями будут отрисованы размеры с поочередно растущим индексом расположенные на нижней половине экрана. Изображение диалога задания заготовки представлено на рисунке 9.

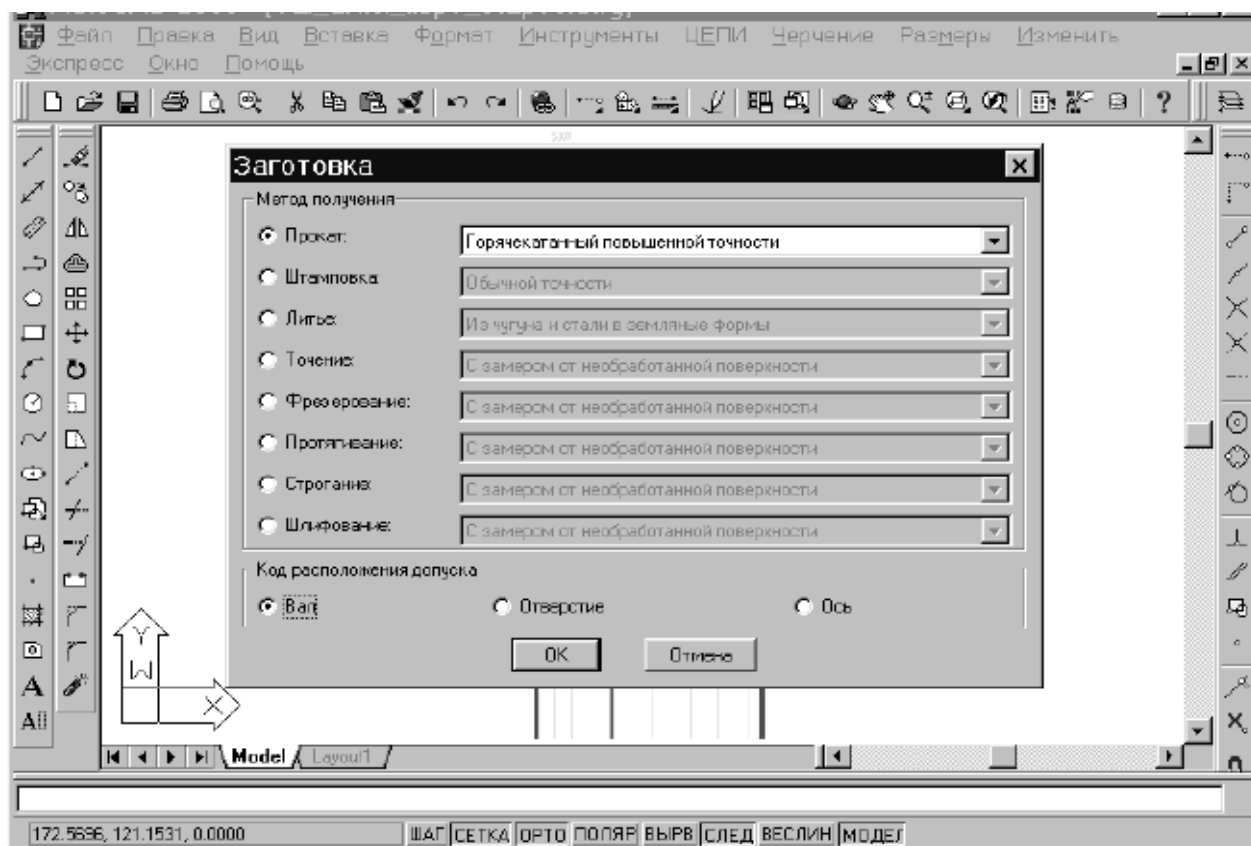


Рисунок 9 – Интерфейс диалога задания заготовки

Шаг 4. Установка положения и выбор способа получения технологических размеров. Следующим шагом пользователь указывает основание и обработанные поверхности. Выполнять все необходимые команды пользователь может прямо на чертеже (например, как для размера A2). Обозначаются базовая поверхность размера процессом точкой, а на обрабатываемой поверхности появляется направляющая стрелка. После

заполнения полей границы размера система запрашивает, как будет получен размер, а также указывает размещение поля допуска для этого размера. Данная последовательность ввода данных будет повторяться для последующих размеров. Размеры могут вводиться в случайной последовательности, после этого будут переведены в нижнюю часть экрана в качестве строки состояния и будут пронумерованы с ранее выбранными (шаг 3) размерами заготовки. Интерфейс диалога ввода технологических размеров представлен на рисунке 10.

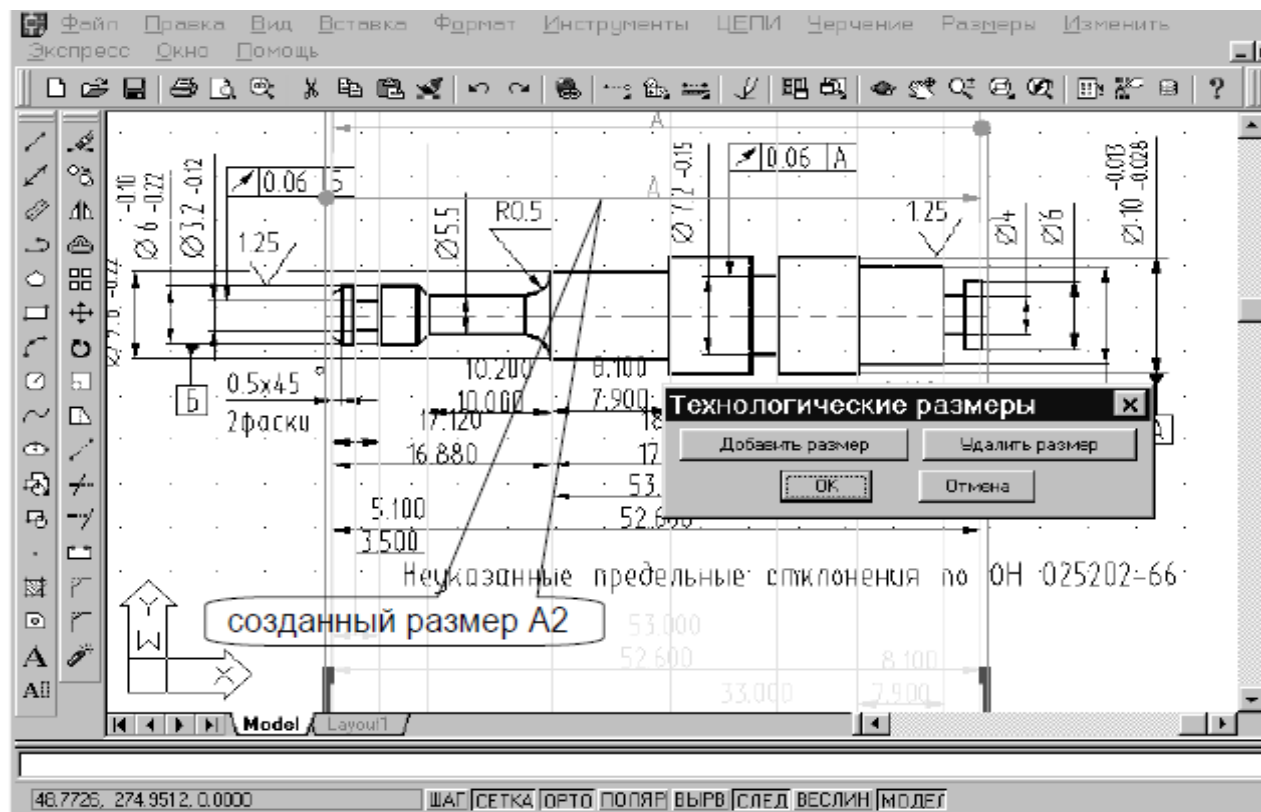


Рисунок 10 – Интерфейс диалога ввода технологических размеров

В результате реализации рассмотренной методики в текстовом файле на МД формируются исходные данные для САРР-системы, т.е. вторичная модель, соответствующая первичной структурной модели - графу технологических размерных цепей. Внешнее, т.е. экранное представление первичной модели (размерная схема) может быть сохранено в файле CAD и выведено на печать.

### 1.2.2 Модуль технологического размерного анализа компании «АСКОН» для «Компас-автопроект»

Рассмотрим модуль для расчета размерных цепей программы «Компас-3Д» от компании «Аскон» (интерфейс которого представлен на рисунке 11).

Основан этот модуль на ядре APROS, который дает возможность хранить себе большое количество входных параметров.

Однако она также имеет свои недостатки: это сложность, вызванная необходимостью организации цифровых и графических данных, эти данные необходимо вводить вручную с помощью окон. Что значительно замедляет процесс. Ко всему прочему, компания Аскон прекратила работу в среде «Компас – автопроект», в которую входил модуль [5].

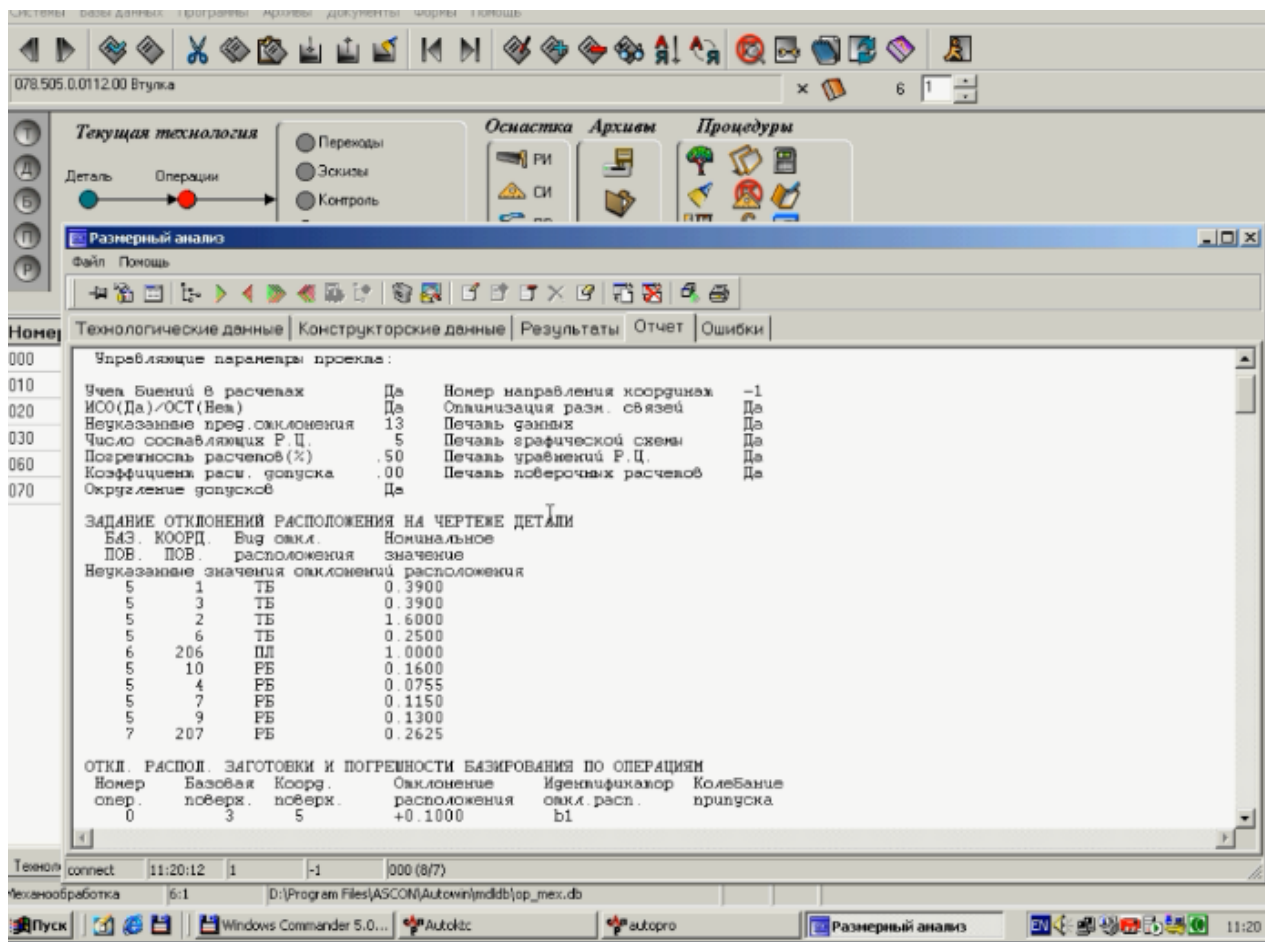


Рисунок 11 – Интерфейс модуля расчета размерных цепей компании «Аскон»

«Компас-автопроект» заменила система технологической подготовки производства «Вертикаль», которая имеет модуль для расчета размерных цепей. Но, этот модуль применим для простых размерных структур и для трудных задач производитель советует проводить полноценный размерный анализ.

В САПР Компас-3D имеется в наличии библиотека расчета размерных цепей. Однако эта программа может вычислить только обратную задачу.

Обратная задача состоит в том, что параметры замыкающего звена определяются известными параметрами номинальных размеров, допусков и предельных отклонений составляющих звеньев размерных цепей.

1. Чтобы рассчитать размерную цепь в программе Компас 3D необходимо создать документ типа «фрагмент» и построим размерную цепь, применяя вертикальные вспомогательные линии.

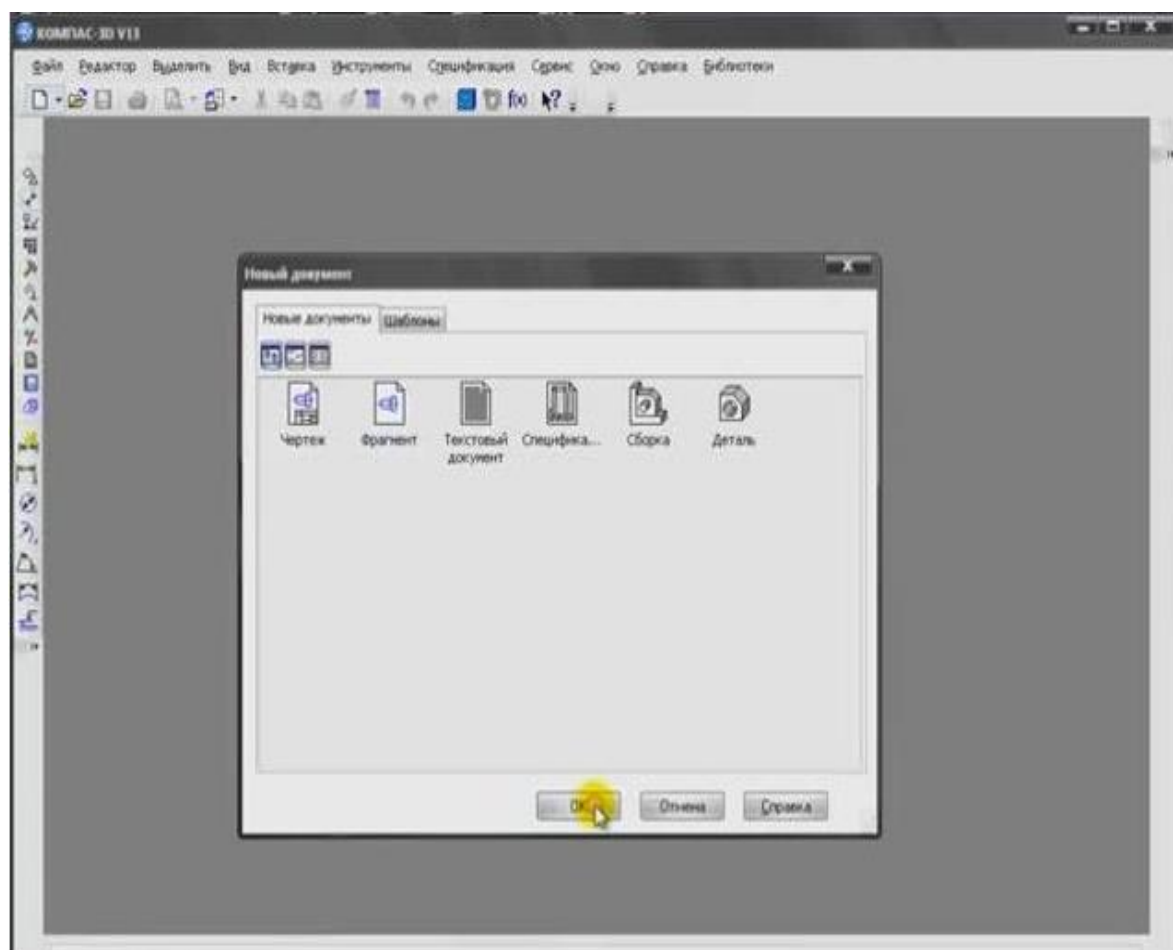


Рисунок 12 – Меню программы Компас 3D

2. Для начала нужно создать локальную систему координат (рисунок 13).

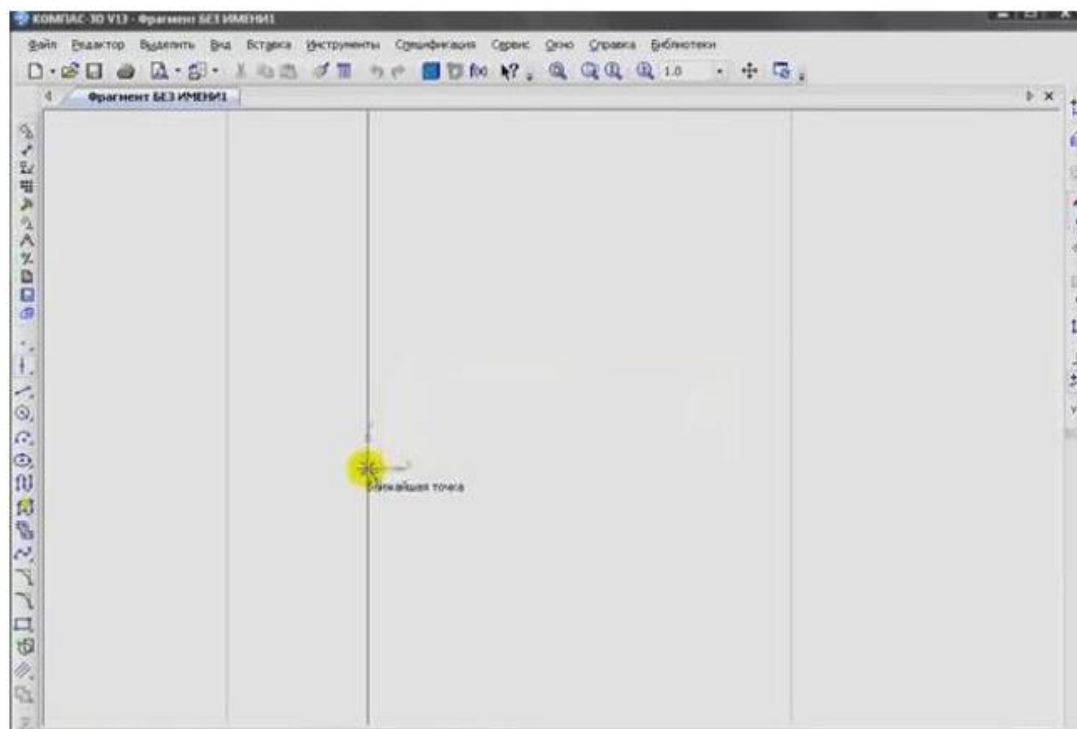


Рисунок 13 – Локальная система координат

3. Построим размерную цепь выбрав из геометрии в панели инструментов основную линию (рисунок 14). Теперь вспомогательные линии можно удалить, т.к. больше они не пригодятся.

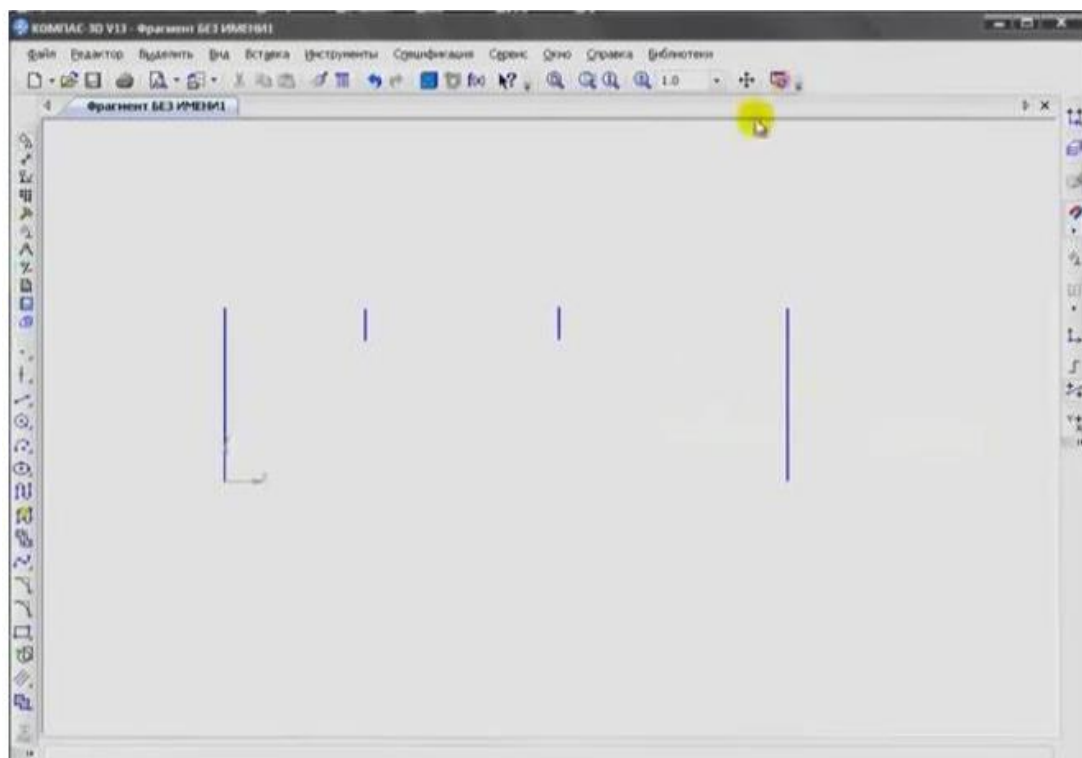


Рисунок 14 – Основные линии размерной цепи в Компас 3D

4. Далее будем строить окончательную размерную цепь, выбрав Авторазмер из панели размеров (рисунок 15).

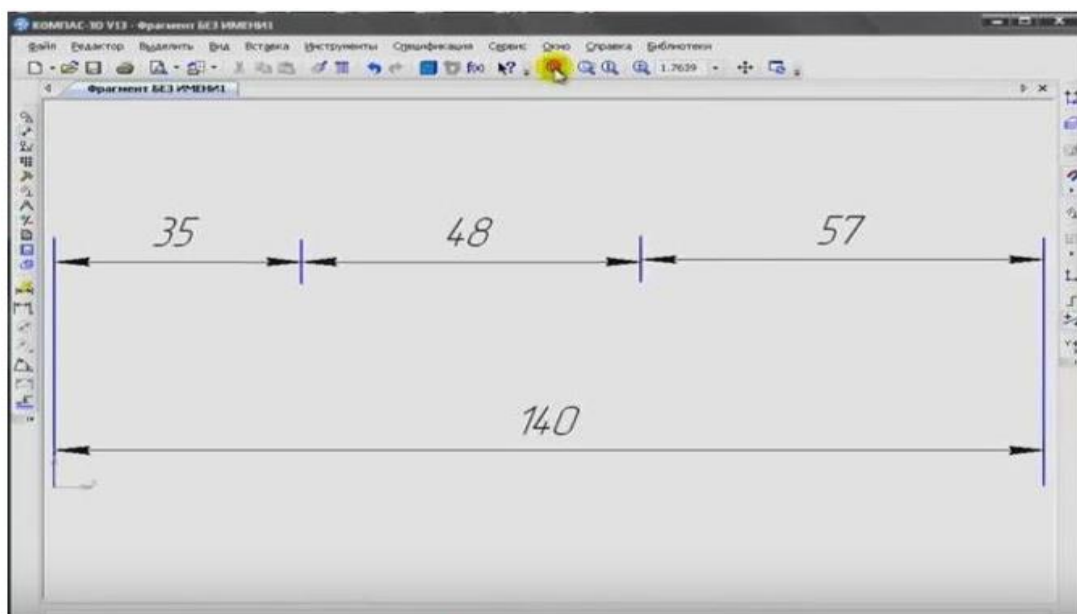


Рисунок 15 – Размерная цепь

5. Из менеджера библиотек откроем библиотеку расчета размерных цепей. Создадим новый расчет. Сперва укажем замыкающее звено размерной цепи, а затем и все составляющие звенья см. рисунок 16. После того как все звенья будут отмечены всплывет сообщение: контур замкнут.

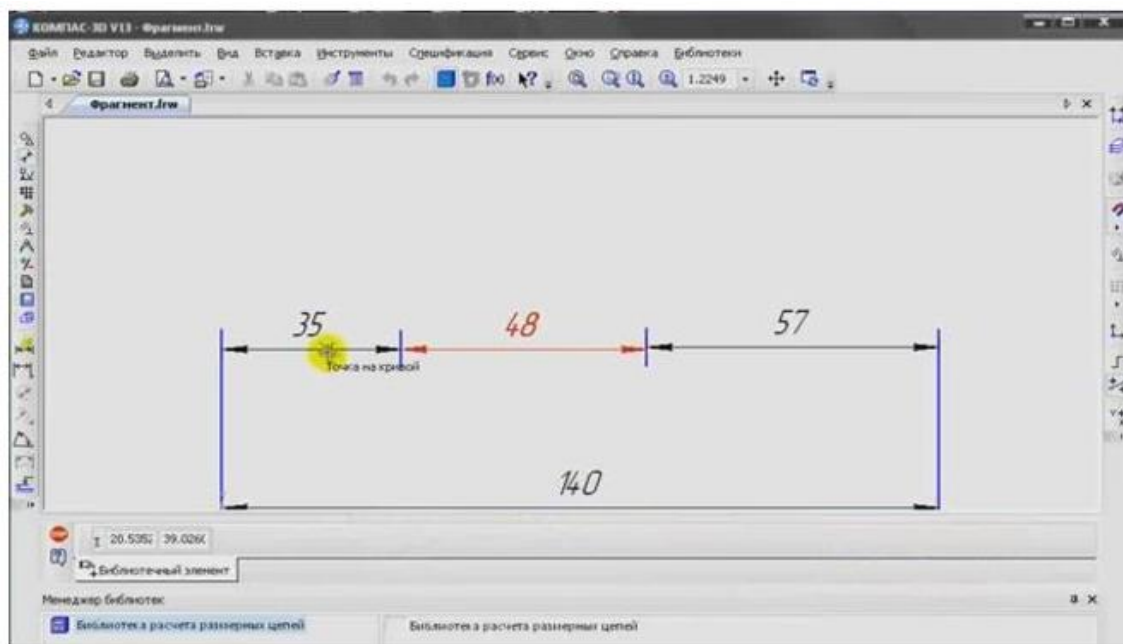


Рисунок 16 – Замыкающее звено размерной цепи

6. Отмеченные звенья размерной цепи автоматически попадут в библиотеку расчета (рисунок 17).



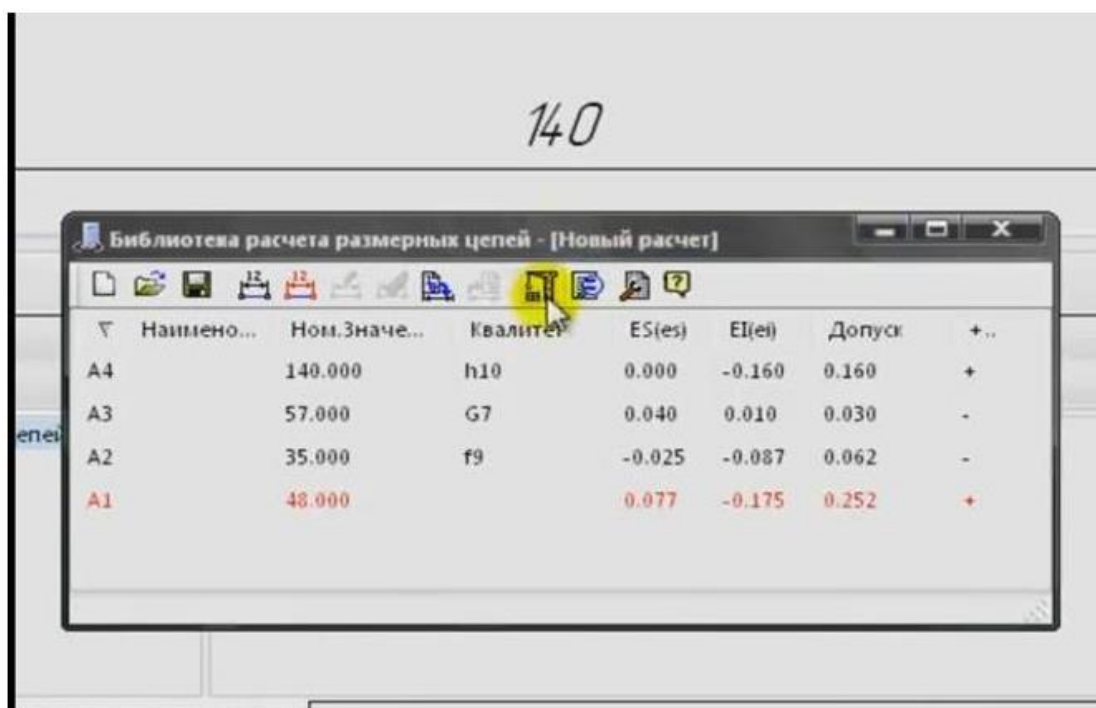


Рисунок 17 – Библиотека расчета размерной цепи

7. Сохраняем расчет. Для этого выбираем из панели инструментов соответствующую кнопку. Отчет будет сохранен в виде txt файла.

Мы рассмотрели расчет размерной цепи при помощи программы Компас 3D. Программа может облегчить размерный анализ, однако применяется, лишь для решения обратной задачи.

### Вывод по разделу

В данном разделе ВКР был произведен обзор методов, программ и программных модулей для автоматизации размерного анализа технологических процессов. Были рассмотрены примеры работы программ с вводом и выводом исходных данных, а также порядок их ввода в диалоговое окно. Установлены достоинства и недостатки существующих программных решений.

Алгоритмы, полученные в результате исследований Матвеева использованы для создания пакета прикладных программ (ППП) «Visual KursAR».

## **2.1 Описание программной реализации**

### **2.1.1 Декомпозиция задачи**

В рамках поставленной цели были выделены следующие задачи при разработке программной системы:

- Проектирование пользовательского интерфейса программы.
- Реализация модулей для генерации данных различных типов.
- Внедрение в разрабатываемую систему служебной базы данных для хранения системных данных и пользовательских настроек.
- Разработать более совершенное программное средство для автоматизации размерного анализа технологического процесса изготовления деталей.

### **2.2.2 Пользовательский интерфейс**

Приложение подключается как прикладная библиотека с помощью Менеджера библиотек. Оконный графический интерфейс разрабатываемой системы построен с использованием Windows Forms – интерфейс программирования приложений (API), отвечающий за графический интерфейс пользователя и являющийся частью Microsoft .NET Framework [6].

Проект главного окна интерфейса пользователя представлен на рисунке 17. Номерами 1-2 выделены основные области главного окна программы. Пользователю будет виден список таблиц и столбцов, которые можно отметить для генерации; В главном меню программы пользователь сможет получить доступ к настройкам текущего проекта, возможности сохранения и загрузки последнего.

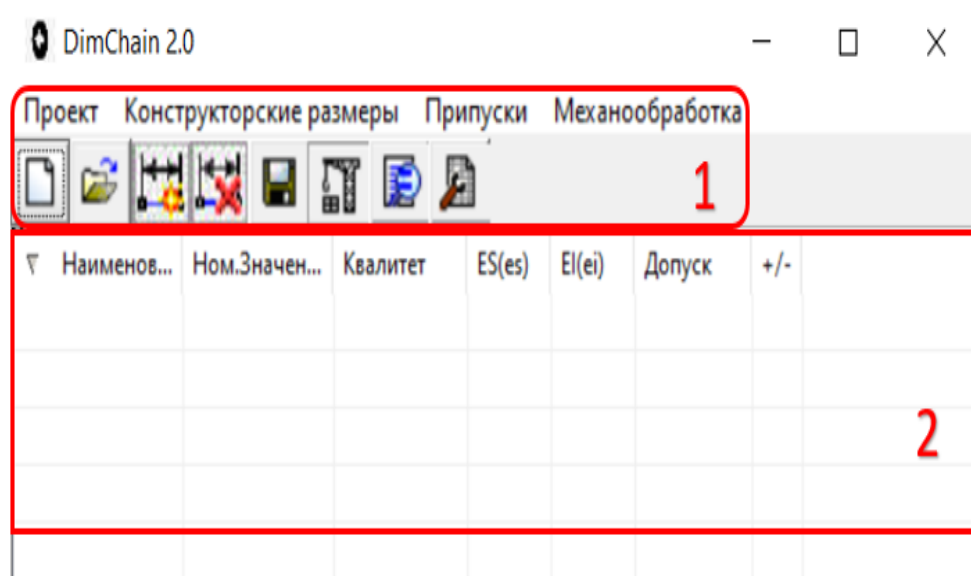









Рисунок 18 – Проект главного окна программы. Области: 1 – главное меню и панель инструментов, 2 – таблица звеньев

Описание элементов управления приведено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Описание элементов управления

Элемент		Описание
	Новый расчет	Кнопка сохраняет состояние Приложения и останавливает его работу. При последующем вызове Приложения состояние будет восстановлено.
	Открыть расчет	Позволяет загрузить из файла сохраненный ранее расчет.
	Сохранить расчет	Позволяет сохранить текущий расчет в файл на диске.
	Добавить новую размерную цепь	Кнопка позволяет добавить новую размерную цепь и сделать ее текущей.
	Удалить текущую размерную цепь	Кнопка позволяет удалить текущую размерную цепь.
	Пересчитать	Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку <b>Пересчитать</b>
	Сформировать отчет	Кнопка позволяет сформировать текстовый файл отчета о размерных цепях в файле с именем текущего документа с добавлением расширения txt.

Были спроектированы пользовательские интерфейсы для внесения и корректировки данных технологического процесса. Их внешний вид показан на рисунках 19-20.

Припуски

N Z1

Границы

Новая 2

Старая 1

Zmin

☒ Отметить для ввода Zmin

Zmin, мм 2.000

Принять Отмена

Рисунок 19 – Пользовательский интерфейс добавления припусков

Размеры механообработки

N A4

Границы

База 0

Обработки 0

Метод обработки Точение чистовое

☐ Изменить название

Допуск

По системе Отверстие

Величина Стандартный

Верхнее отклонение, мм

Нижнее отклонение, мм

Поперечный размер, мм 0.000

Принять Отмена

Рисунок 20 – Пользовательский интерфейс добавления технологических размеров

### 2.2.3 Основные алгоритмы работы

Общий алгоритм работы программы в виде диаграммы показан на рисунке 21.

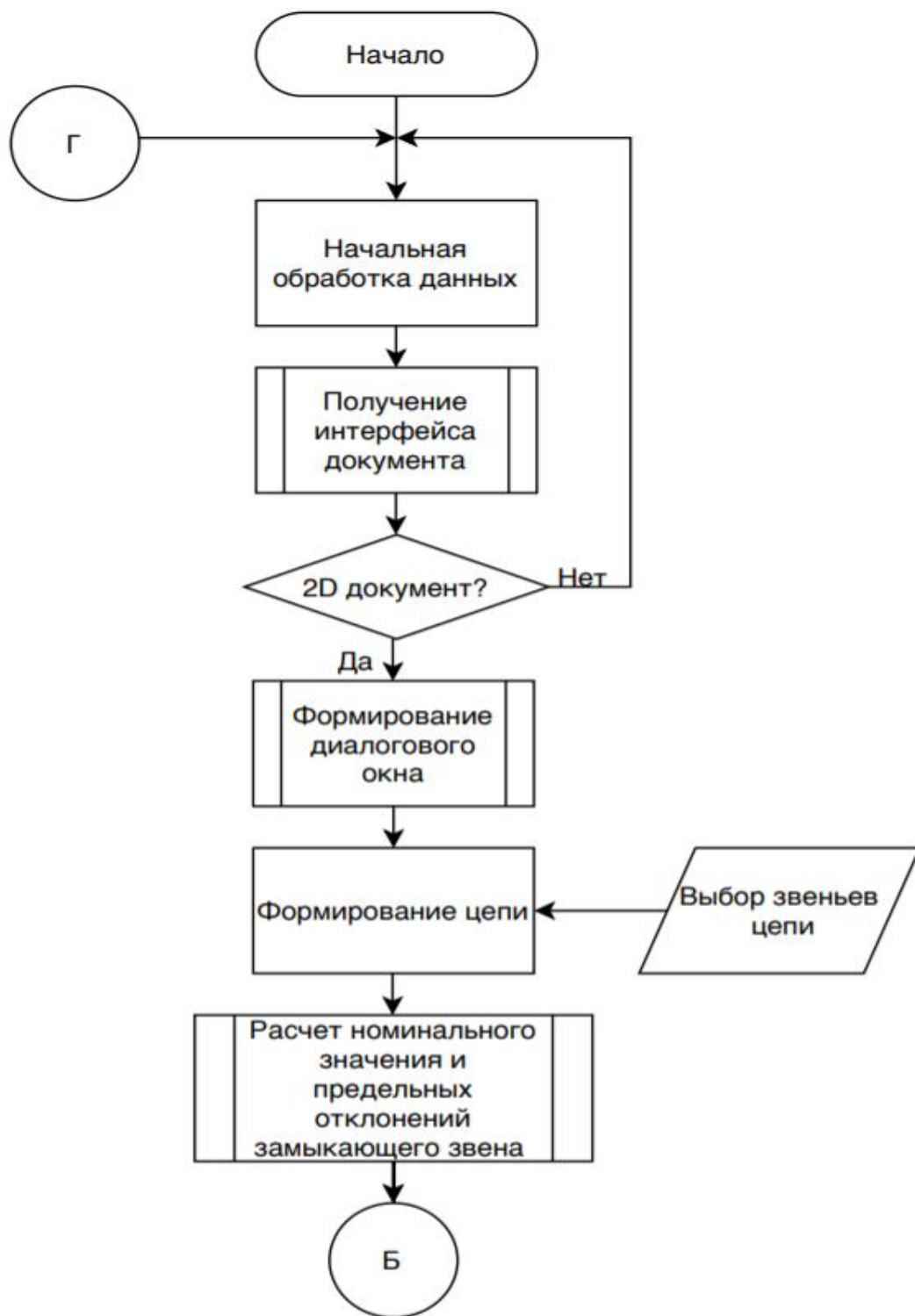


Рисунок 21 – (Начало) Схема работы программы

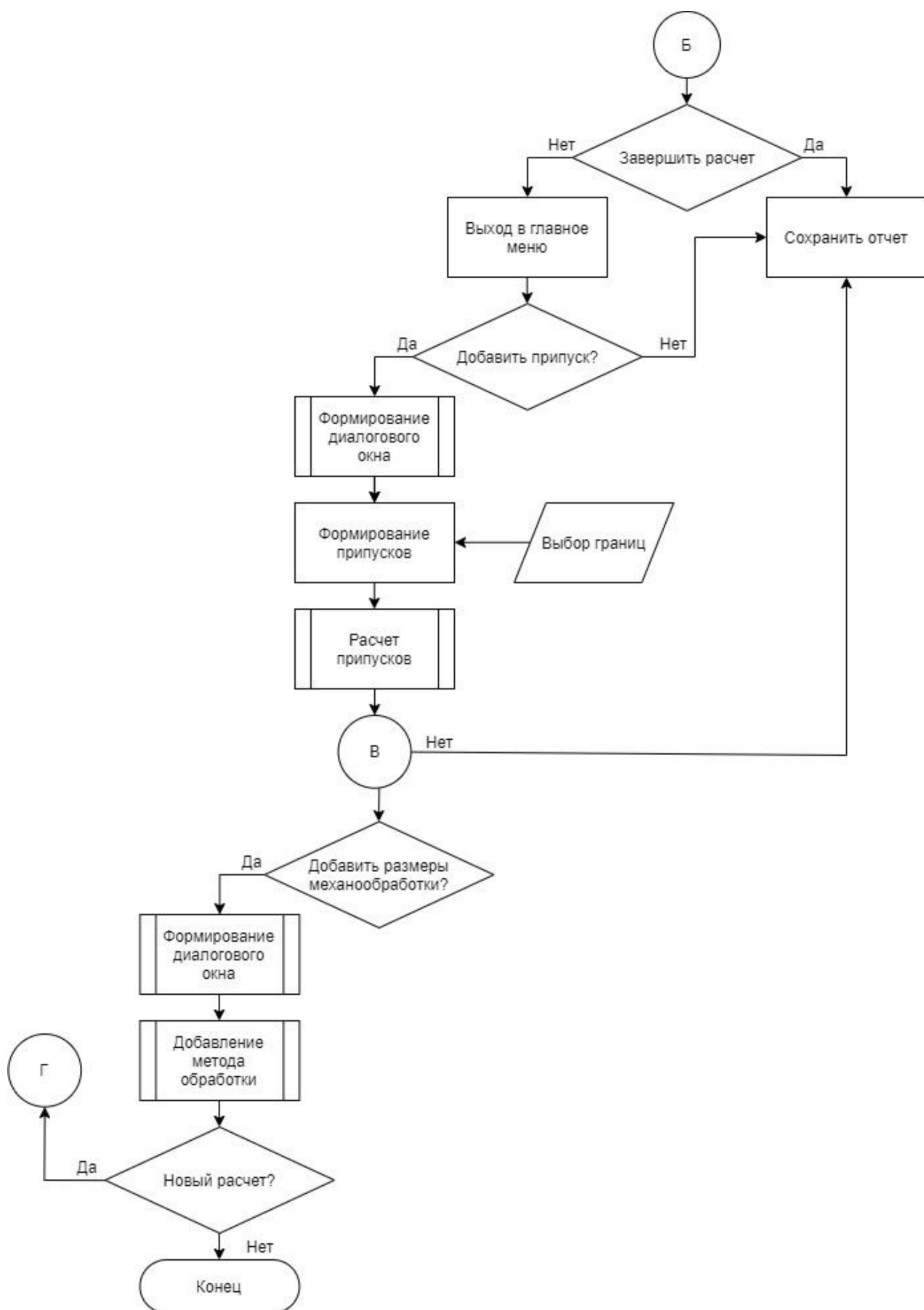


Рисунок 21 – (Окончание) Схема работы программы

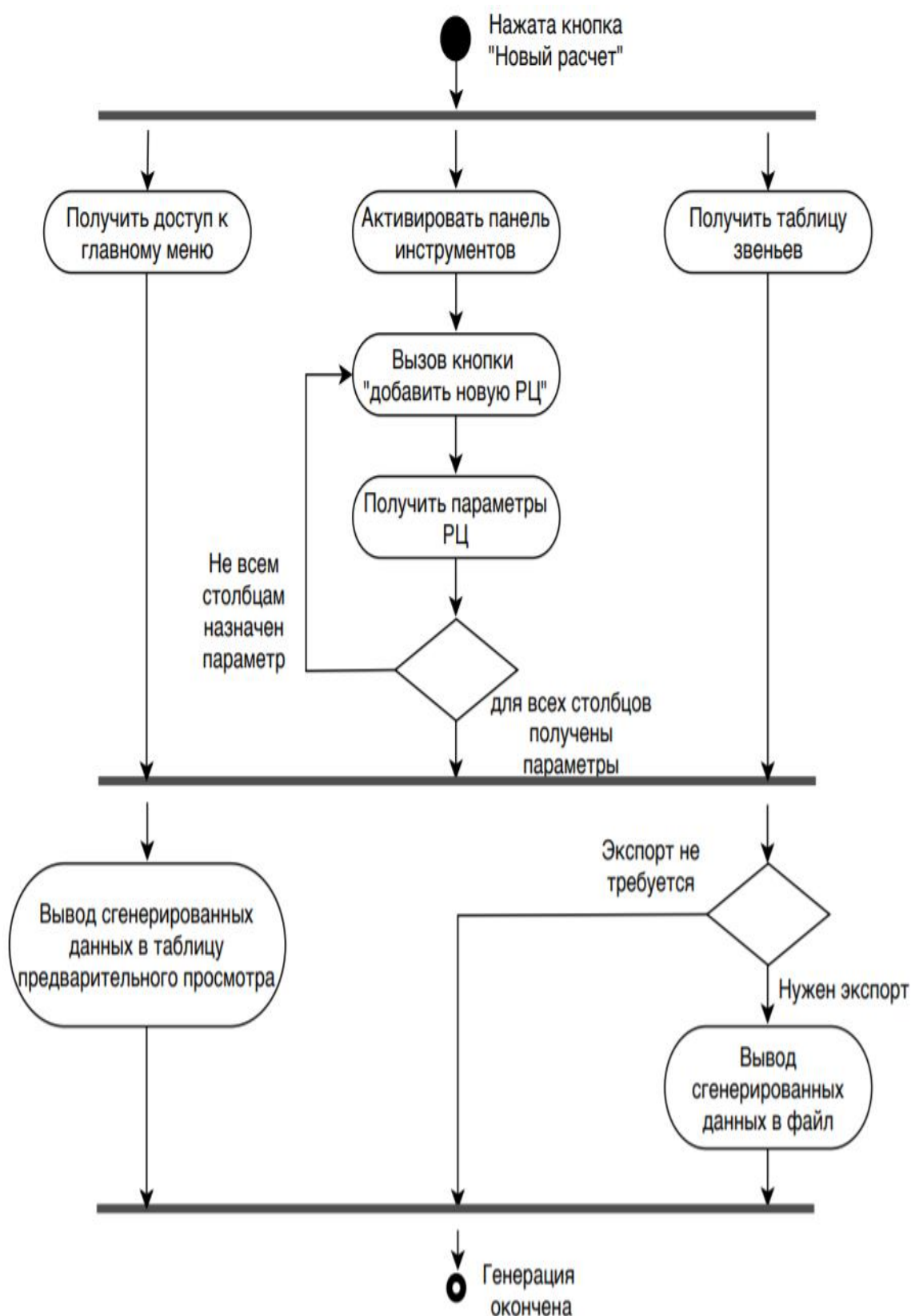


Рисунок 22 – Алгоритм работы получения конструкторских размеров

В качестве опционального параметра в пользовательском интерфейсе программы доступна возможность экспорта полученных в результате генерации значений в текстовый файл.

## 2.2.4 Служебная база данных

Цель использования в составе системы служебной БД – хранение пользовательских настроек и параметров программы. Для управления служебной БД в составе программной системы была выбрана реляционная СУБД Microsoft Access [7].

Microsoft Access - это реляционная система управления базами данных (СУБД) от Microsoft. Он является частью пакета Microsoft Office. Содержит широкий спектр функций, включая соответствующие требования, подключение к внешним таблицам и базам данных. Встроенный язык VBA дает возможность писать приложения, которые работают непосредственно с базами данных Access.

Служебная БД имеет простую структуру, которая представлена в таблицах (2.3-2.5)

Таблица 2.3 – служебная база данных получения конструкторских размеров

Код	x1	y1	x2	y2	z	номинал	НО	ВО
300	-27	32,5	22	32,5	32,5	32,5	-0,025	0
301	22	32,5	23	31,5	31,5	1,41	-0,01	0
302	23	20	23	31,5	31,5	11,5	-0,018	0
303	23	20	27	20	20	4	-0,012	0
304	-27	32,5	19	7,750	7,750	52,1	0	+0,03
305	19	7,750	19	-7,750	-7,750	15,5	-0,034	-0,016
306	19	-7,750	-27	-32,5	-32,5	52,1	0	+0,03
307	27	20	27	-20	-20	40	0	-0,025
308	27	-20	23	-20	-20	4	-0,012	0
309	23	-20	23	-31,5	-31,5	11,5	-0,018	0
310	23	-31,5	22	-32,5	-32,5	1,41	-0,01	0
311	22	-32,5	-27	-32,5	-32,5	32,5	-0,025	0

Таблица 2.4– хранение значений припусков

Код	min	b1	b2	b3	s1	s2	s3
60	0,05	0	0	0	4840	0	0
61	0,10	0	0	0	4845	0	0



Таблица 2.5– хранение свойств технологических процессов

Код	Имя	Параметры
200	Токарная черновая	Допуск по системе: вал, отверстие Верхнее, нижнее отклонения
201	Токарная чистовая	
202	Фрезерная	
203	Внутришлифовальная	
204	Круглошлифовальная	

### 2.2.5 Архитектура программной системы

Архитектура проектируемой системы показана на рисунке 23.

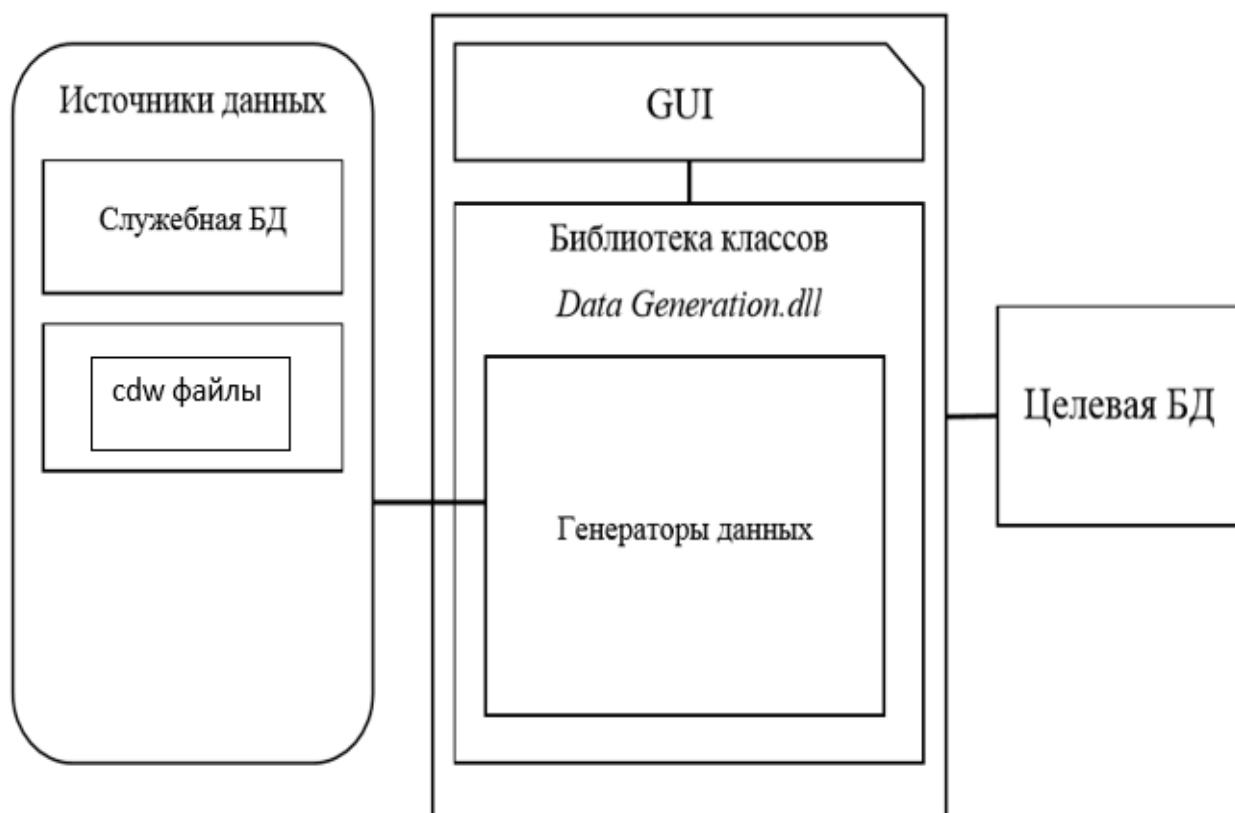


Рисунок 23 – Архитектура системы

Классы библиотеки DataGeneration проектируемой системы представлены в виде UML-диаграммы на рисунке 24.

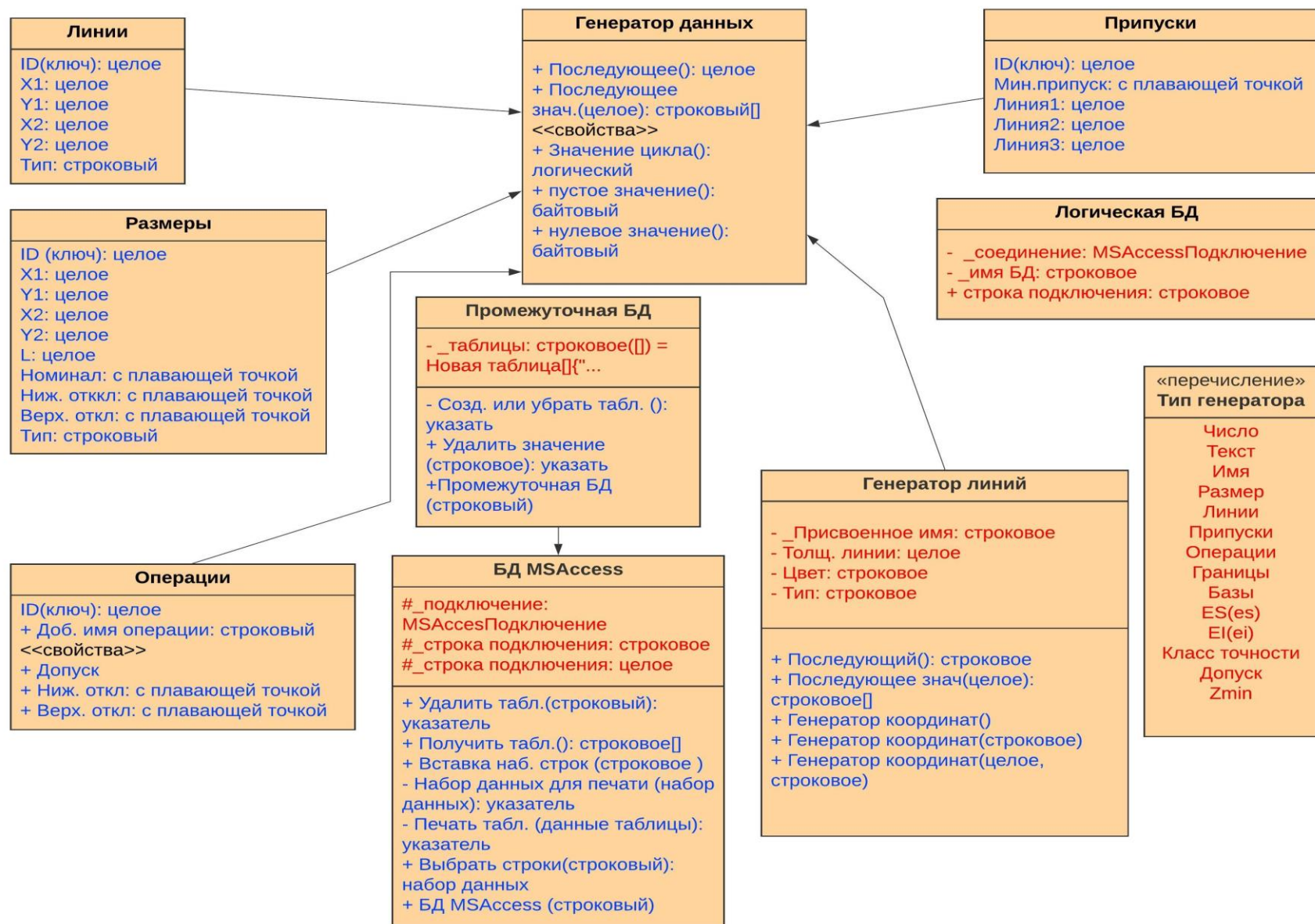


Рисунок 24—Модель взаимодействия классов разрабатываемого решения в виде UML-диаграммы

Краткое описание классов:

- класс Логическая БД – отвечает за взаимодействие с целевой БД,
- класс Промежуточная БД – отвечает за взаимодействие со служебной БД,
- класс Генератор данных – предоставляет базовую структуру для модулей генерации данных,
- классы Линии, Генератор линий, Размер, Операции, Припуски – отвечают за генерацию различных типов данных.

### 2.2.6 Алгоритм расчета технологических размеров при проектировании технологического процесса детали «матрица»

Более удобно описывать построение размерной схемы и графа размерных отношений на реальном примере, который был выбран в качестве технологического процесса обработки матрицы, эскиз которого показан на рисунке 25.

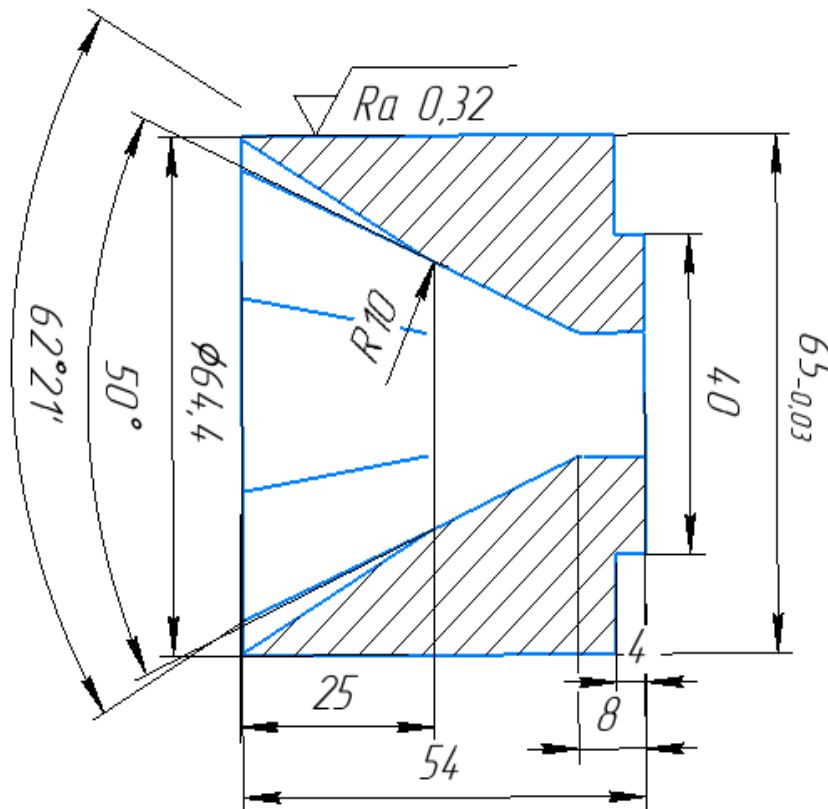
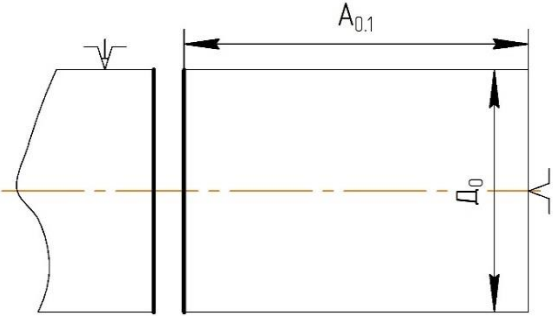
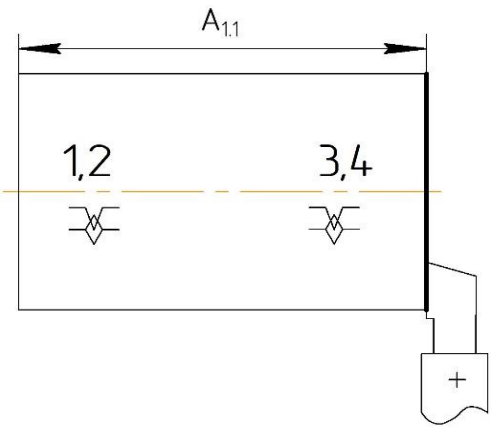
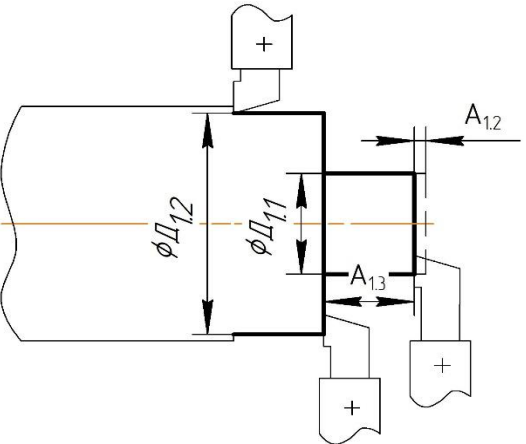
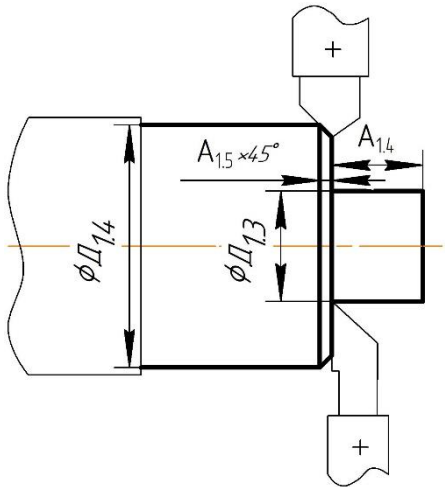
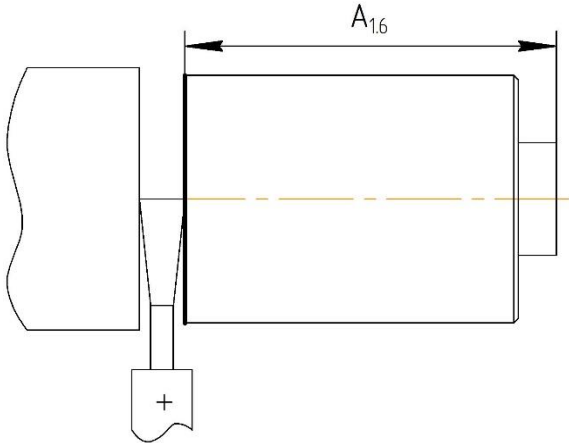
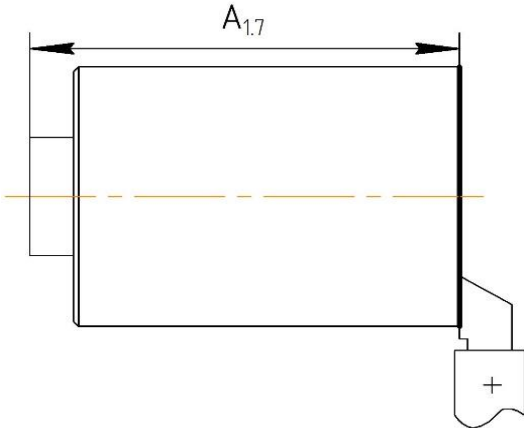


Рисунок 25 – Эскиз матрицы (сталь 40XA13, HRC 45...50)

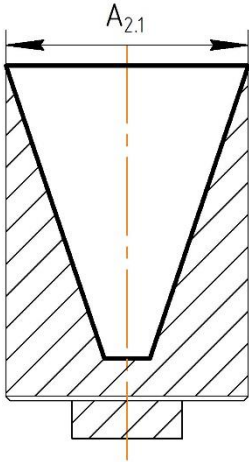
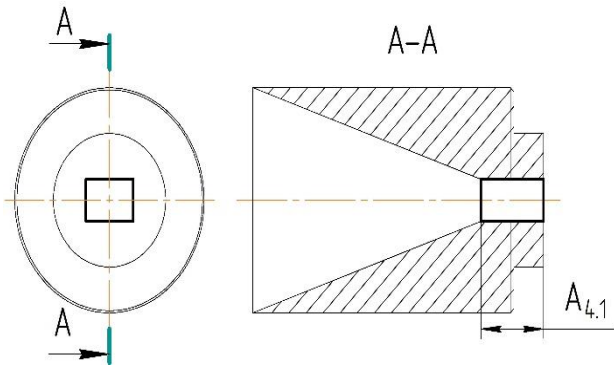
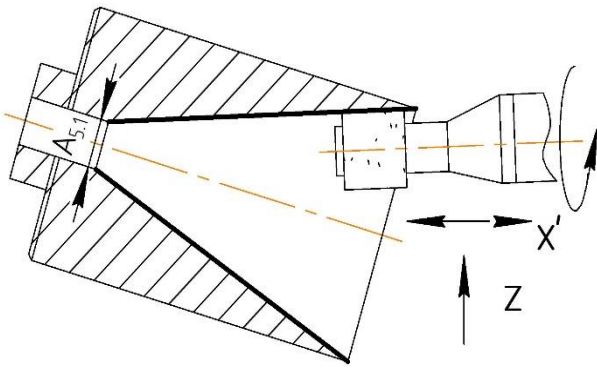
Таблица 2.6 – Маршрутный ТП обработки матрицы

Операция (номер и наименование)	Переход, позиция (номер)	Приспособление	Эскиз	Содержание переходов
1	2	3	4	5
1.Токарно - револьверная	1	Трехкулачковый самоцентрирующий патрон		Отрезать заготовку выдерживая размер $A_{0.1}$
	2			Подрезать торец начерно, выдержав размер $A_{1.1}$
	3			Подрезать торец начисто, обточить поверхности $\phi D_{1.1}$ и $\phi D_{1.2}$ , выдержав размеры $A_{1.2}$ и $A_{1.3}$

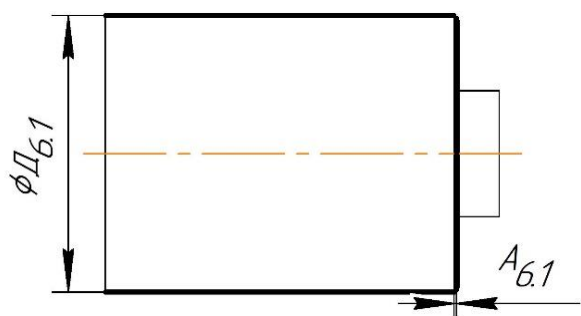
Продолжение таблицы 2.6

	4			<p>Обточить поверхность <math>\phi D_{1,3}</math>, <math>\phi D_{1,4}</math> выдержав размер <math>A_{1,4}</math>, снять фаску <math>A_{1,5} \times 45^\circ</math></p>
	5			<p>Отрезать заготовку выдержав размер <math>A_{1,6}</math></p>
	6			<p>Подрезать торец, выдержав размер <math>A_{1,7}</math></p>

Продолжение таблицы 2.6

2. Фрезерная	1			Фрезеровать поверхность, выдерживая размер $A_{2.1}$
3. Термическая	1			Закалить, отпустить, HRC 60...63
4. Электроэрозионная	1	Призма, прихват		Вырезать отверстие, выдержав размер $A_{4.1}$
5. Внутри-шлифовальная с ЧПУ	1	Мембранный патрон		Шлифовать поверхность, выдержав размер $A_{5.1}$

Продолжение таблицы 2.6

6. Кругло-шлифовальная	1		Шлифовать поверхность $\phi D_{6.1}$ , выдержав размер $A_{6.1}$
------------------------	---	--	--

### 2.2.6.1 Расчет диаметральных технологических размеров

Исходя из условий что будут получены минимальные припуски на обработку, расчет будет производиться методом максимум-минимум с введением метода средних значений. В связи с этим на представленном рисунке 28 была составлена размерная схема технологических маршрутов обработки матриц. Буквой К на схеме будут обозначаться конструкторские размеры. Обозначим припуск буквой Z (буква D в индексе означает, что это припуск по диаметру, цифра соответствует индексу диаметрального технологического размера, который снимается при получении этого припуска). Ранее установленные допуски либо максимальные отклонения диаметральных технологических размеров, также значения минимальных припусков указываются в скобках.

Для начала необходимо вычислить диаметр проката. Диаметр проката обозначим  $D_0$ . Определить диаметр проката  $D_0$  возможно, рассчитав технологические размеры цепи  $D_0, D_{1.2}, Z_{1.2}, D_{1.4}, Z_{1.4}, D_{6.1}$ . Установлено: полностью составляющее звено ( $D_{6.1} = K_{D1}$ ), минимальное значение замыкающего звена – припуска  $Z_{6.1}$  а также предельные отклонения составляющего звена  $D_0$ . В согласовании с полученным решением найдем среднее значение звена  $D_{6.1}$ .

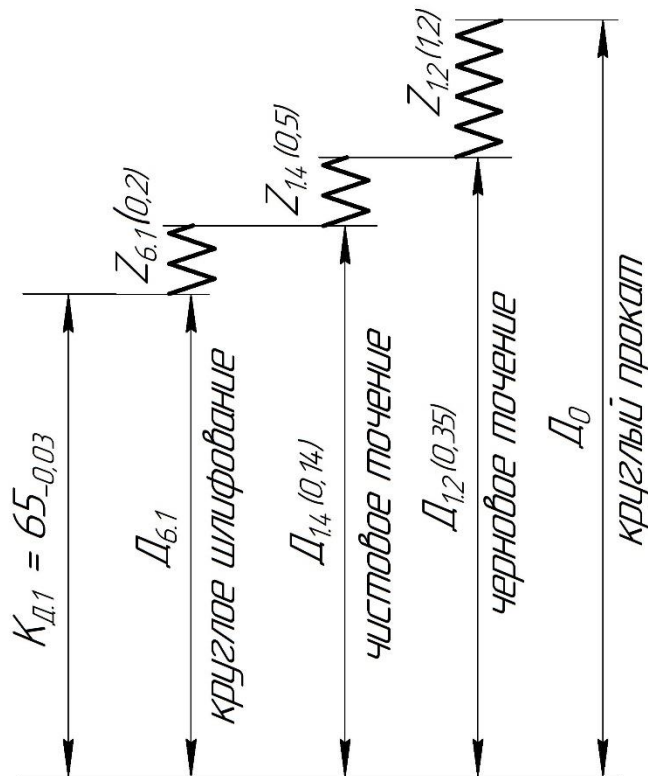


Рисунок 26 – Размерная схема технологического маршрута обработки поверхностей вращения матрицы

$$D_{6.1}^c = D_{6.1} + \frac{ВОД_{6.1} + НОД_{6.1}}{2} = 65 + \frac{0 - 0,03}{2} = 64,985 \text{ (мм)}.$$

Затем находим

$$Z_{Д6.1}^c = Z_{Д6.1min} + \frac{ТД_{1.3} + ТД_{6.1}}{2} = 0,2 + \frac{0,03 + 0,14}{2} = 0,285 \text{ (мм)}.$$

и вычисляем

$$D_{1.4}^c = D_{6.1}^c + Z_{Д6.1}^c = 64,985 + 0,285 = 65,27 \text{ (мм)}.$$

Звено  $D_{1.4}$  записываем в виде  $D_{1.4} = 65,27 \pm 0,07$  мм

Далее переходим к рассмотрению цепи  $D_{1.2}, D_{1.4}, Z_{1.4}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{1.2}$ . Для этого определяем

$$Z_{Д1.4}^c = Z_{1.4min} + \frac{ТД_{1.2} + ТД_{1.4}}{2} = 0,5 + \frac{0,35 + 0,14}{2} = 0,745 \text{ (мм)}.$$

и подсчитываем

$$D_{1.2}^c = D_{1.4}^c + Z_{Д1.4}^c = 65,27 + 0,745 = 66,015 \text{ (мм)}.$$

Таким образом, получим  $D_{1.2}^c = 66,015 \pm 0,175$  мм

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем  $D_{1.4} = 65,275_{-0,14}$  мм и  $D_{1.2} = 66,015_{-0,35}$  мм.



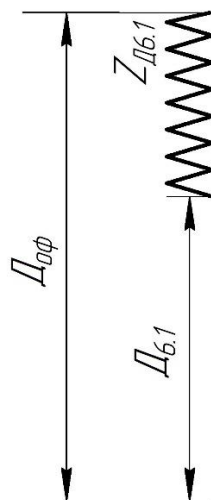


Рисунок 27 – Технологическая размерная цепь с замыкающим звеном – припуском  $Z_{Д6.1}$

Определим допуск звена  $D_0$

$$TD_0 = BOD_0 - HOD_0 = 0,1 - (-0,9) = 1 \text{ мм}$$

Находим среднее значение припуска  $Z_{Д1.2}$

$$Z_{Д1.4}^c = Z_{1.4min} + \frac{TD_{1.2} + TD_{1.4}}{2} = 1,2 + \frac{0,35 + 1}{2} = 1,875 \text{ (мм)}.$$

Подсчитывается среднее значение звена  $D_0$

$$D_0^c = D_{1.2}^c + Z_{Д1.2}^c = 66,015 + 1,875 = 67,89 \text{ (мм)}.$$

Таким образом, расчетное значение этого звена составляет  $67,89_{-0,9}^{+0,1}$ .

Выбираем прокат  $\varnothing D_{0\phi} = 68_{-0,9}^{+0,1}$ . Фактическое значение припуска  $Z_{1.2}$  будет

$$Z_{Д1.2\phi} = D_{0\phi} - D_{1.2} = 68_{-0,9}^{+0,1} - 65_{-0,03} = 3_{-0,9}^{+0,13} \text{ (мм)}.$$

### 2.2.6.2 Расчет продольных технологических размеров

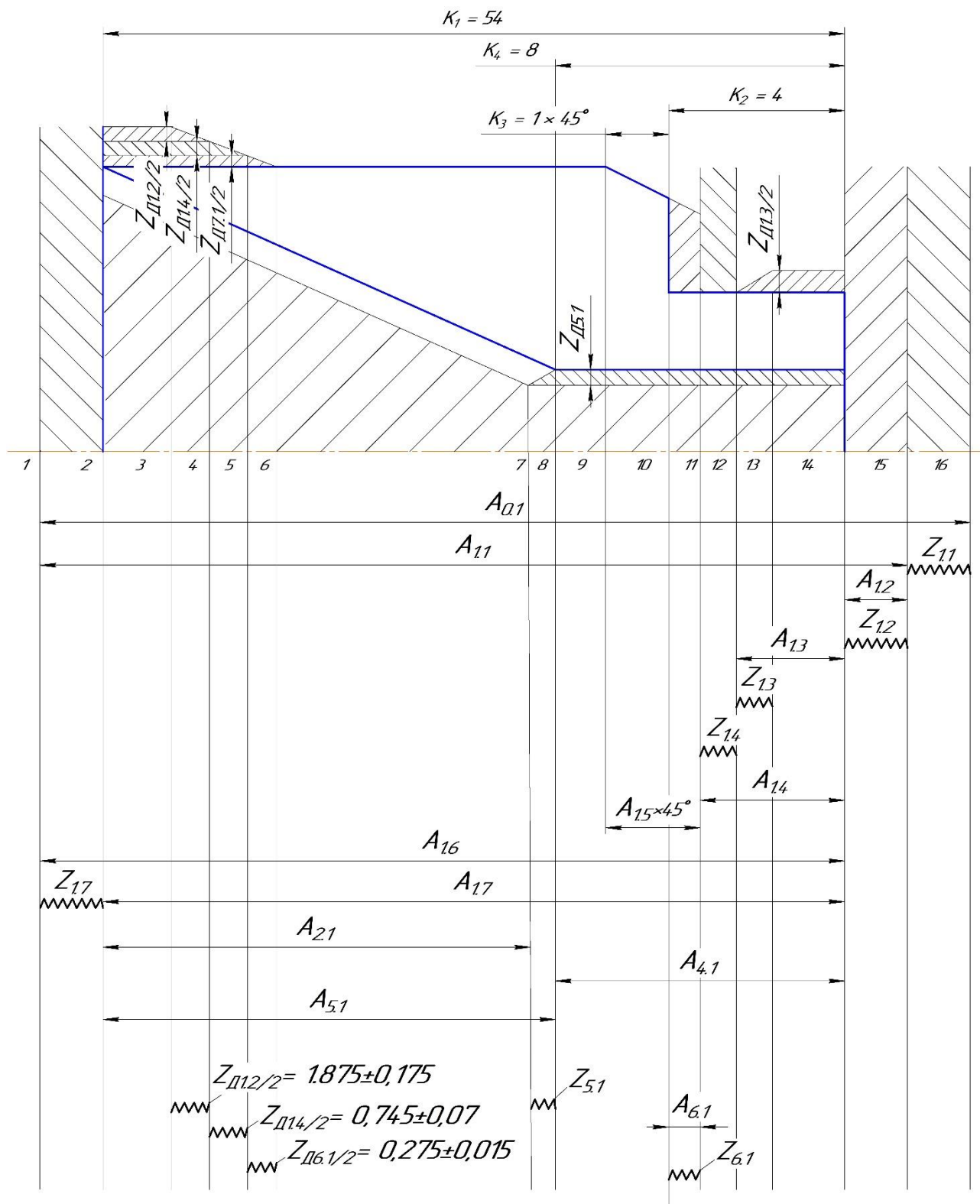


Рисунок 28 – Размерная схема технологического процесса изготовления матрицы (продольное направление)

Для расчета строится размерная схема технологического процесса изготовления матрицы в продольном направлении (рисунок 28) и граф технологических размерных цепей (рисунок 29), облегчающий их выявление.

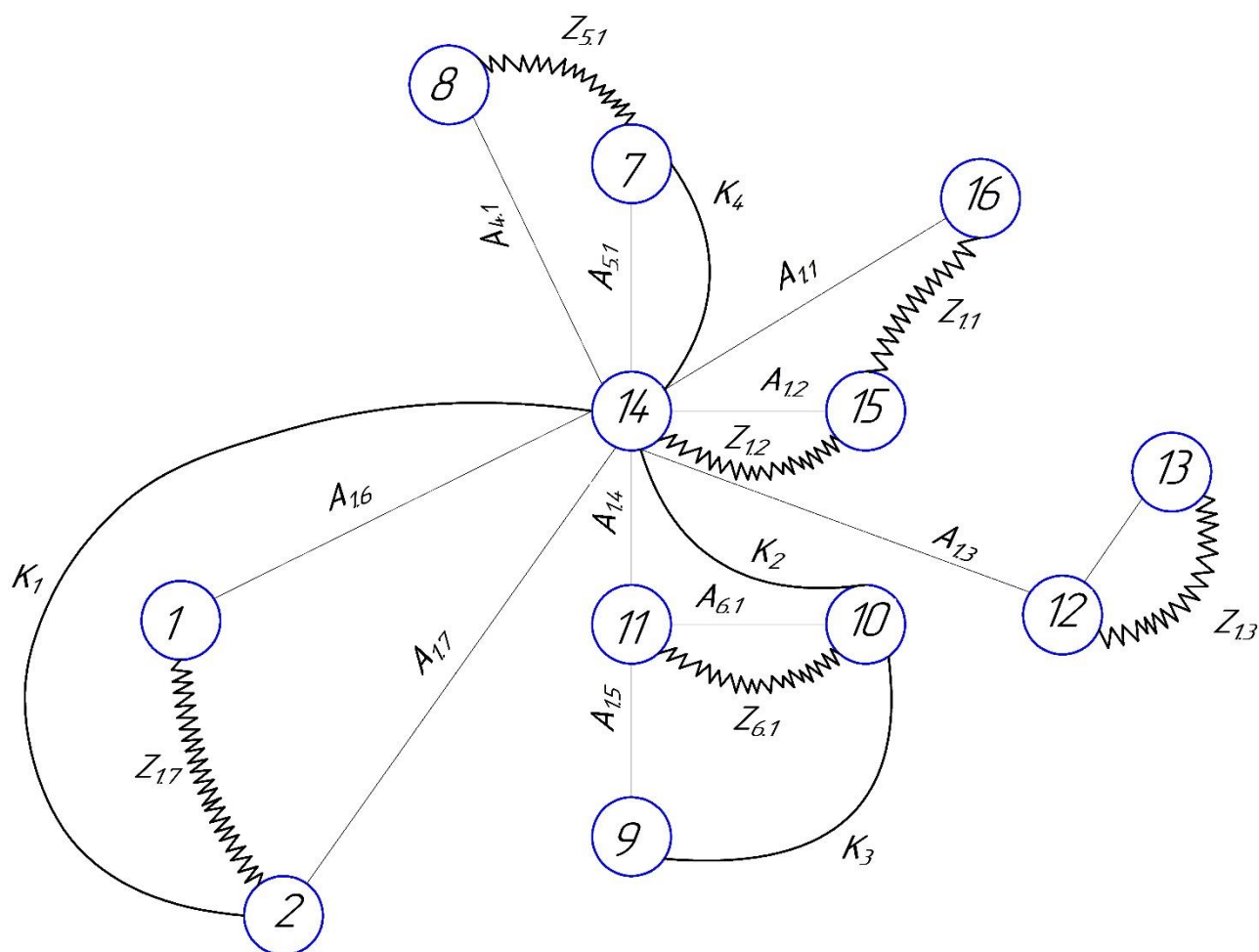


Рисунок 29 – Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении матрицы (продольное направление)

### 2.2.7 Пример работы модуля автоматического расчета технологических размерных цепей

Расчет размерной цепи проводится последовательно:

- а) выбор составляющих звеньев размерной цепи;
- б) выбор замыкающего звена;
- в) выбор увеличивающих звеньев и задание углов поворота (для непараллельных размерных цепей);
- г) расчет размерной цепи.
- д) расчет припусков
- е) расчет размеров механообработки

Программа позволяет выполнять расчет методами: – максимума и минимума; – вероятностным методом.

В этом случае расчет возможен для следующих РЦ:

- линейной РЦ с параллельными звеньями,
- линейной РЦ с непараллельными звеньями,
- угловой РЦ.

Возможность формирования отчета, реализованная в ПО «Расчет размерных цепей» позволяет моментально получить отчет, включающий в себя таблицу исходных данных, схему цепи и формулы расчета. Особенностью данного отчета является полное представление данных по размерной цепи, что отсутствует в других программах.

Требования к объектам расчета:

Для расчета размерной цепи необходимо соблюдение следующих требований:

- расчет размерных цепей возможно выполнить только лишь для чертежа или фрагмента;
- составляющие размерной цепи могут являться проставленные линейные, радиальные, диаметральные и угловые размеры;
- размеры, которые входят в размерную цепь, должны быть параллельными. Если в качестве звена указан отрезок, непараллельный направлению цепи, нужно указать углы поворота;
- для расчета замыкающего размера должны быть известны все составляющие размеры и их отклонения.

Порядок выполнения расчета:

1. Запустить программу Компас 3Д, открыть необходимый чертеж или фрагмент.
2. Из панели инструментов вызвать менеджер библиотек и выбрать из списка библиотеку размерных цепей DimChain2.0.

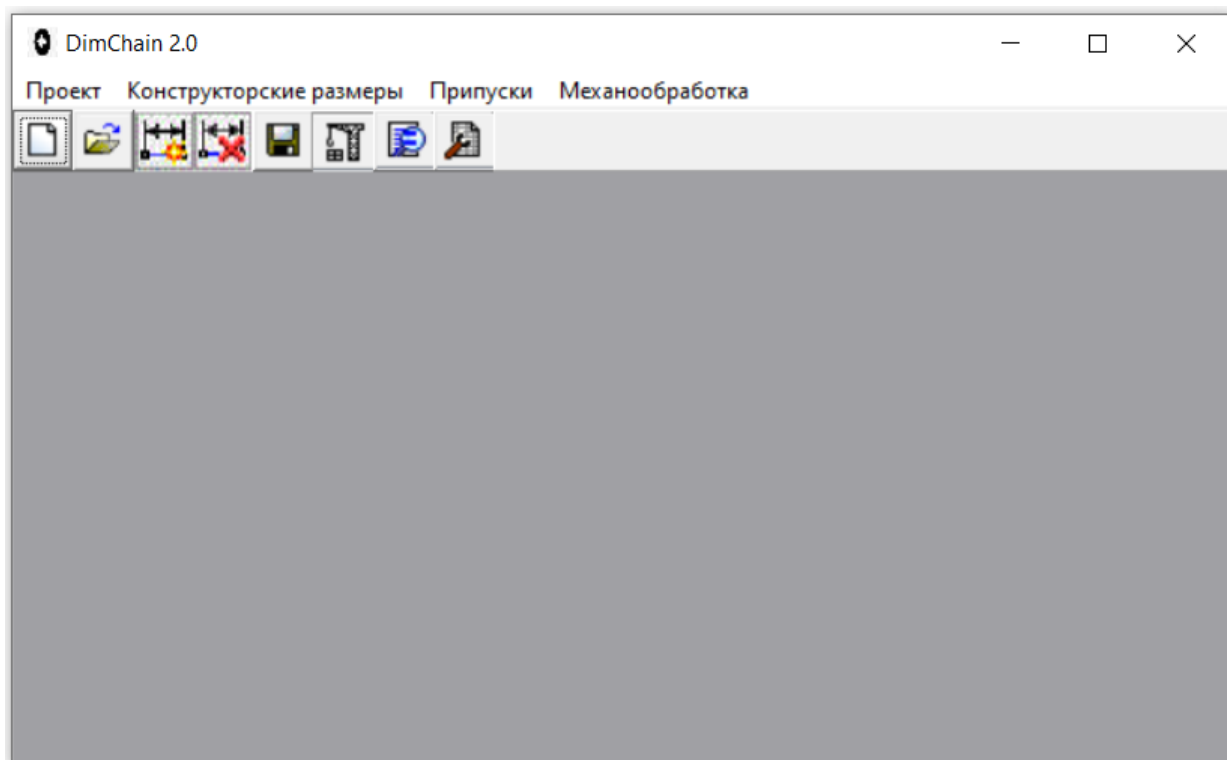


Рисунок 30 – Главное окно программы после запуска

3. Для того чтобы начать новый расчет размерной цепи, нажмите кнопку **Новый расчет** на панели инструментов. В окошке программы покажется пустая таблица расчета (рисунок 31).

Наименов...	Ном.Значен...	Квалитет	ES(es)	EI(ei)	Допуск

Рисунок 31

4. Нажать кнопку **Добавить звено**. Указать размеры, включаемые в размерную цепь

Для того чтобы включить размер в цепь, необходимо кликнуть мышью по любому из его элементов: размерной надписи, выносной или размерной линии.

Вся информация о размере появится в таблице. По умолчанию размеру присваивается имя, состоящее из буквы А и порядкового номера. Имя размера может быть изменено. Чтобы сделать это, щелкните по нему. Размер будет выделен в списке. После чего следует снова щелкнуть по его наименованию. В графе **Наименование** всплывет текстовый указатель. Завершить изменение наименования размера, возможно нажав клавишу Enter.

Затем укажите все компоненты РЦ. Эти измерения появятся в таблице окна библиотеки. Номера в названиях размеров будут соответствовать порядку, в котором они включены в цепь. Для того чтобы завершить формирование цепи, нажмите кнопку **Прервать команду** расположенную на Панели инструментов.

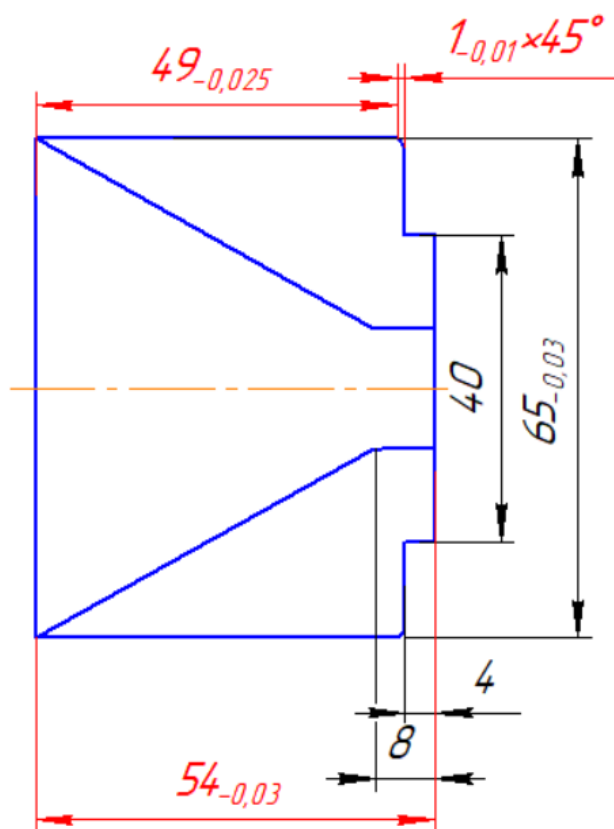


Рисунок 32 – Составляющие звенья размерной цепи

5. Чтобы замкнуть цепь, необходимо нажать на кнопку «Замыкающее звено» из панели инструментов и выбрать соответствующее звено.

Наименов...	Ном.Значен...	Квалитет	ES(es)	El(ei)	Допуск	+/-
A4	*	*	*	*	*	?
A3	1.000		0.000	-0.010	0.010	?
A2	49.000		0.000	-0.025	0.025	?
A1	54.000		0.000	-0.030	0.030	?

Рисунок 33 – Получение замыкающего звена в таблицу звеньев

6. Получить результат расчета конструкторской размерной цепи можно нажав по кнопке «Пересчитать»

Наименов...	Ном.Значен...	Квалитет	ES(es)	El(ei)	Допуск	+/-
A4	4.000		0.035	-0.030	0.065	+
A3	1.000		0.000	-0.010	0.010	-
A2	49.000		0.000	-0.025	0.025	-
A1	54.000		0.000	-0.030	0.030	+

Рисунок 34 – Результаты расчета конструкторской размерной цепи

7. Нажатием кнопки «Запись» размер запишется в память и отобразится на эскизе (рисунок 35)

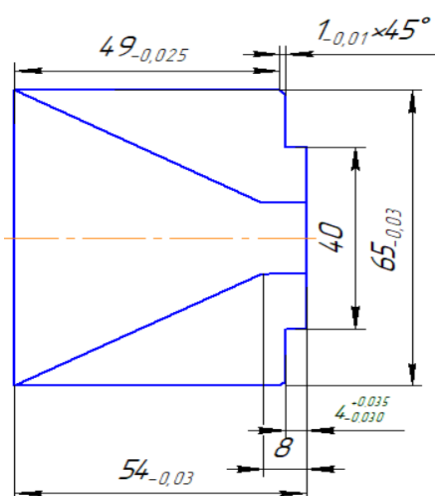


Рисунок 35

8. Нажатие кнопки «Припуски» включает режим добавления припуска. Для ввода каждого припуска нажать правую кнопку мыши.

Для корректировки строки выбрать левой кнопкой поле  $Z$ , а затем нажать правую кнопку мыши. Вводятся границы припусков с размерной схемы.

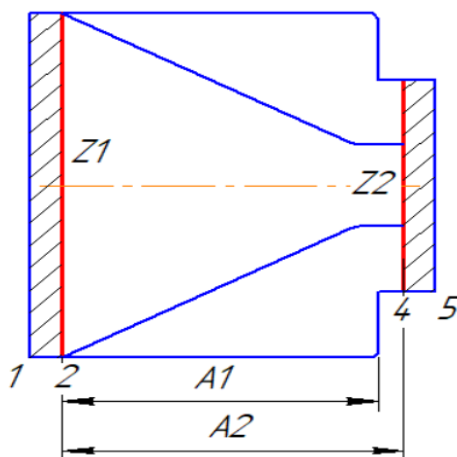


Рисунок 36

"Новая" граница - поверхность, получаемая после удаления припуска. Например, для припуска  $Z1$  "новой" будет поверхность 2, а для припуска  $Z2$  "новой" будет поверхность 4.

9. Нажатием кнопки «Запись» пользователь «наслаивает» припуск на выбранную линию эскиза и записывает его минимальное значение в память (рисунок 37).

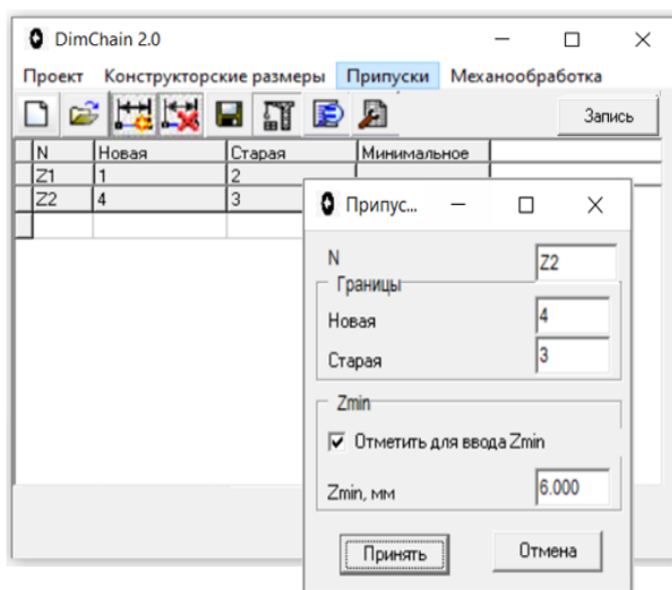


Рисунок 37 – Вкладка «Припуски»



Пользователь может отменить определение припуска расчетным путем и задать своё собственное значение. Для отмены расчета припуска следует отметить выбор и ввести числовое значение минимального припуска в поле Zmin.

10. Размеры механообработки вводятся в последовательности обработки заготовки: от черновой - к чистовой. Для ввода каждого размера нажать правую кнопку мыши. Для корректировки строки выбрать левой кнопкой поле А, а затем нажать правую кнопку мыши.

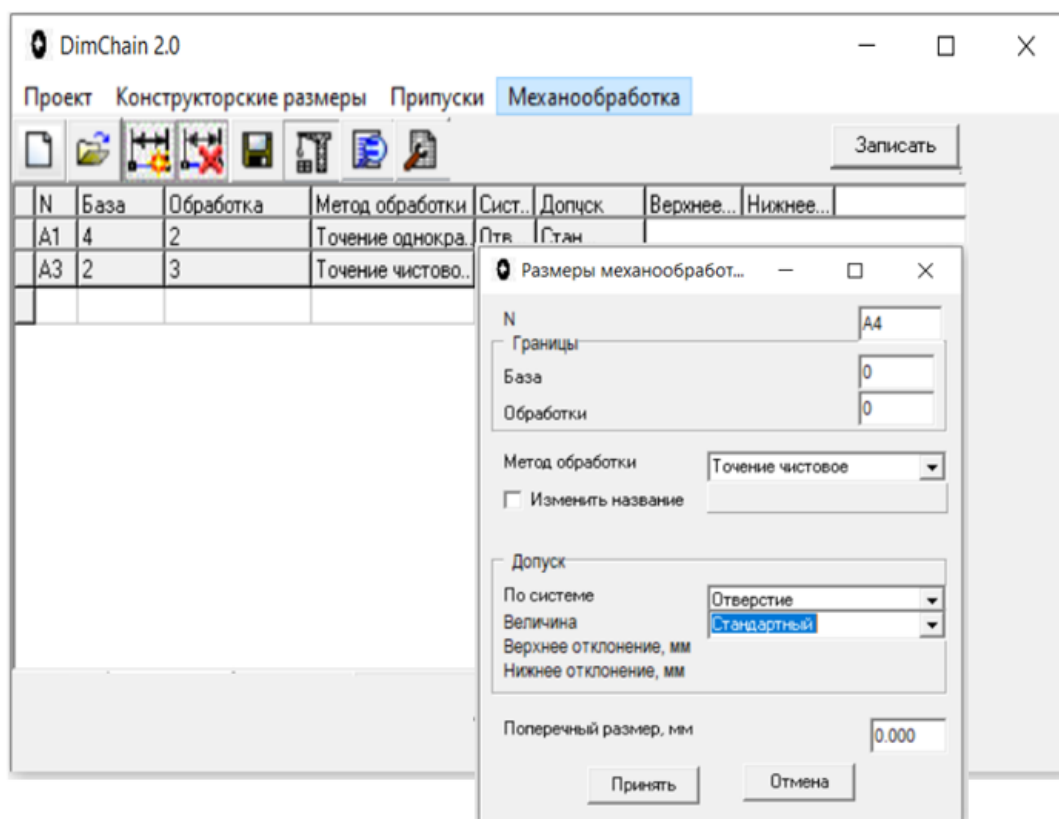


Рисунок 38 – Вкладка «Технологические размеры»

Допуск на размер А будет рассчитан системой, а затем сопоставлен с допуском заданного метода и характера обработки. Планируемое расположение допуска относительно подлежащего расчету номинала размера указывается пользователем в поле "По системе".

Базовая поверхность - технологическая или настроечная база, от которой выдерживается размер. Обработанная поверхность - поверхность, получаемая в результате удаления припуска или напуска выбранным методом.

Пользователь может отменить выбор допуска из базы данных системы и задать свое значение в полях верхнего и нижнего отклонений размера. Для этого следует предварительно сменить содержание поля "Величина".

"Поперечный размер" - минимальный размер, характеризующий жесткость заготовки в сечении обработанной поверхности.

Сумма конструкторских размеров и припусков Z должна быть равна сумме размеров заготовки и размеров механообработки A.

Исходные размерные цепи				Размеры механообработки - A:				Допуск			
P-конструкторские PЦ., Z-припуски				Ø заготовки <---> Ø после мех.об --->				отклонение			
								<пользоват>,			
								мм			
Цепь	Р: l-r	Предельные отклонения	Цепь	Поверх.	Технолог.опер	Цепь	Поверх.	Технолог.опер	сис-диам	тематема	разм
	Z: n-o	максимум минимум		<--->			база-->				верх   нижн
P1	2 14	54.500   54.250	A1	14 16	Подрезка торца				вал	68	+0.1   -0.9
P2	10 14	50.850   50.775	A2	11 14	Точение черновое				вал	40	-0,025   -0,05
P3	2 9	49.650   49.604	A3	8 12	Точение черновое				вал	66	0.000   -0.03
P4	9 10	1.100   1.000	A4	9 11	Точение чистовое				вал	64	0.000   0.000
P5	1 2	0.000   0.000	A5	1 11	Внутр.шлиф				отв.	77	0.000   0.000
Z1	15 16	0.000   0.000	A6	1 15	Подрезка торца				вал	68	0.000   0.000
Z2	14 15	0.000   0.000	A7	14 15	Точение черновое				вал	68	0.000   0.000
Z3	12 13	0.000   0.000	A8	12 14	Точение чистовое				вал	41	0.000   0.000
Z4	11 12	0.000   0.000	A9	11 14	Точение чистовое				вал	64	0.000   0.000
Z5	1 2	0.000   0.000	A10	2 14	Точение черновое				вал	66	0.000   0.000
Z6	7 8	0.000   0.000	A11	9 11	Внутр.шлиф				отв.		

Рисунок 39 – Результаты расчета

### Вывод по разделу

В данном разделе ВКР был спроектирован пользовательский интерфейс программы, составлен алгоритм построения размерных цепей, построена архитектура взаимодействия классов, реализованы модули для генерации данных, внедрена служебная база данных для хранения системных данных и пользовательских настроек. Приведен в качестве примера алгоритм расчета технологических размеров при проектировании технологического процесса детали «матрица».

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Группа	ФИО
4AM82	Нораев Дмитрий Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ;	Оценка конкурентоспособности разработки, анализ перспективности проекта, оценка готовности проекта к коммерциализации.
Организация и планирование работ	Планирование этапов разработки программы, построение календарного плана, построение диаграммы Ганта.
Формирование бюджета научных исследований	Расчет сметы затрат на выполнение проекта.
Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Оценка научно – технологического уровня проекта.

Дата выдачи задания по линейному графику	16.03.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		16.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Нораев Дмитрий Сергеевич		16.03.2020

## **3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **3.1 Общие сведения о научно-техническом исследовании**

Целью магистерской диссертации является разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей.

Грамотно проведенный размерный расчет, сократит основное время, снизит износ дорогостоящего оборудования, уменьшит металлоемкость. Но при этом, размерный анализ является весьма трудоемкой задачей, не всегда учитывающей частные случаи, что вполне решается при современном развитии ЭВМ. Но несмотря на имеющиеся подходы к автоматизации размерного анализа, это продолжает оставаться весьма трудоемкой и сложной задачей и, кроме общих проблем, встает вопрос не только об автоматизации размерного расчета, но и переработке массивного набора данных для расчета в формат вычислений ЭВМ. Методы такой переработки существуют, но остаются несовершенными, неудобными в использовании и требуют дальнейшей адаптации для конечного пользователя.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

#### **3.1.1 Потенциальные потребители**

Целевой рынок – рынок программного обеспечения (ПО).

На данном рынке можно по критерию целевого назначения выделить следующие области рынка [12]:

1. Системное ПО: операционные системы, базы данных, управление электронными данными
2. Информационная безопасность: антивирусное ПО

3. Сетевое, интернет и интернет ПО

4. Бизнес-ориентированное ПО: офисное ПО, распознавание текста, инструментальное, переводчики иностранных языков

5. Коммуникационное и мультимедийное ПО

Целевым для проекта в данном случае рынком является инструментальное ПО, предназначенное для разработчиков программного обеспечения, баз данных (БД) и web-сайтов. Под разработчиками понимаются как физические, так и юридические лица (компании).

### 3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В качестве конкурирующих решений были выбраны следующие: К<sub>1</sub> – размерные цепи Компас 3Д, К<sub>2</sub> – NORMAL.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>с</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>с</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. 1. Повышение производительности труда пользователя	10	9	5	6	90	50	60
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	6	8	6	5	48	36	30
3. Надежность	8	4	5	4	32	40	32
4. Потребность в ресурсах памяти	9	9	7	6	81	63	54
5. Функциональная мощность (представляемые возможности)	7	7	4	5	49	28	35
6. Простота эксплуатации	8	8	4	3	64	32	24
7. Качество интеллектуального интерфейса	9	7	6	6	63	54	54
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	8	10	8	7	80	64	56
2. Уровень проникновения на рынок	9	3	9	9	27	81	81
3. Цена	7	5	5	7	35	35	35
4. Послепродажное обслуживание	7	7	3	4	49	21	28
5. Срок выхода на рынок	6	3	4	5	18	24	30
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	<b>80</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>636</b>	<b>528</b>	<b>519</b>

Из рассчитанных показателей в таблице 3.1 можно сделать вывод о том, что конкурент К<sub>1</sub> имеет наиболее сильную конкурентоспособность по сравнению с аналогами, в то время как оцениваемая разработка уступает по показателю конкурентоспособности своим аналога

### 3.2 FAST-анализ

#### Стадия 1. Выбор объекта анализа

В качестве объекта анализа выступает объект исследования – разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей

**Стадия 2.** Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

1) Главная функция объекта – расчет технологических размерных цепей.

2) Основные функции:

- Соединение с интерфейсом программы.
- Произведение необходимых расчетов.
- Предоставление возможности управлять входными

параметрами.

(настройками генерации) в удобном для пользователя виде.

3) Вспомогательные функции:

- Хранение настроек пользователя.
- Соблюдение ограничений целостности целевой БД.
- Предоставление интерфейса для управления автоназначением

генераторов.

Информация, полученная при выполнении данной стадии, представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование объекта	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Главное окно программы	Управление процессом генерации данных	X		
Окно «Конструкторские размеры»	Запись конструкторских размеров		X	

### Продолжение таблицы 3.2

Окно «Припуски»	Выделение границ припуска		X	
Окно «Механообработка»	Запись технологических		X	
	размеров			
Промежуточная БД	Хранение настроек пользова- теля			X
Бизнес-логика приложения	Соблюдение ограничений целостности			X
Окно «Редактор правил автоназначения»	Управление автоназначе- нием генераторов			X

### Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом

Для оценки значимости функций используется метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. Содержание матрицы смежности функций приведено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Матрица смежности функций объекта

	Управление процессом генерации данных	Запись конструкторских размеров	Выделение границ припуска	Запись технологических размеров	Хранение настроек пользователя	Соблюдение ограничений целостности	Управление автоназначением генераторов
Управление процессом генерации данных	<	<	<	<	=	<	<
Запись конструкторских размеров	<	<	>	=	>	=	>
Выделение границ припуска	=	=	<	<	>	>	=
Запись технологических размеров	=	=	<	<	>	>	>
Хранение настроек пользователя	<	<	=	<	>	>	>
Соблюдение ограничений целостности	<	<	>	=	>	>	<
Управление автоназначением генераторов	<	<	>	>	=	>	>

Далее приведена преобразованная матрица – матрица количественных соотношений функций (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Матрица количественных соотношений функций

	Управлен ие процессом генерации данных	Запись конструк- торских размеров	Выделени е границ припуска	Запись технолог и –ческих размеров	Хранение настроек пользова- теля	Соблюдение ограничений целостности	Управление автоназначе- нием генераторов	Итого
Управлен ие процессом генерации данных	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	9,5
Запись конструк- торских размеров	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	9,5
Выделение границ припуска	0,5	0,5	1	0,5	1,5	0,5	1,5	6
Запись технолог и –ческих размеров	0,5	0,5	1,5	1	1,5	1	1,5	7,5
Хранение настроек пользова- теля	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	4
Соблюде- ние ограни- чений це- лостности	0,5	0,5	1,5	1	0,5	1	1,5	6,5
Управле- ние автона- значением генерато- ров	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	5
								$\Sigma=48$

Определение относительной значимости функций:

Управление процессом генерации данных  $9,5/48 = 0,197916$ ; Запись конструкторских размеров  $9,5/48 = 0,197916$ ; Выделение границ припуска  $6/48 = 0,125$ ; запись размеров  $7,5/48 = 0,15625$ ; хранение настроек  $4/48 = 0,0833$ ; ограничения целостности  $6,5/48 = 0,135416$ ; автоназначение генераторов  $5/48 = 0,10416$ .

**Стадия 4.** Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Для расчёта были взяты следующие исходные данные: средняя заработная плата программиста в г. Томск, равная 261,45 руб. в час [9], стоимость лицензии инструментального ПО MS Visual Studio 2017 Community



– бесплатно для организаций с числом разработчиков до 5 человек [10]. Расчет стоимости функций приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование объекта	Выполняемая функция	Затрачено Человеко/час	Стоимость инструментального ПО, руб.	Зарботная плата программиста, руб.	Себестоимость, руб.
Главное окно программы	Управление процессом генерации данных	160	0	45000	45000
Окно «Конструкторские размеры»	Запись конструкторских размеров	4	0	1125	1125
Окно «Припуски»	Выделение границ припуска	8	0	2250	2250
Окно «Механо - обработка»	Управление входными параметрами	16	0	4500	4500
Промежуточная БД	Хранение настроек пользователя	8	0	2250	2250
Бизнес-логика приложения	Соблюдение ограничений целостности	40	0	11250	11250

**Стадия 5.** Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и её анализ.

На рисунке приведена в виде функционально-стоимостной диаграммы обобщенная информация, собранная в рамках предыдущих стадий

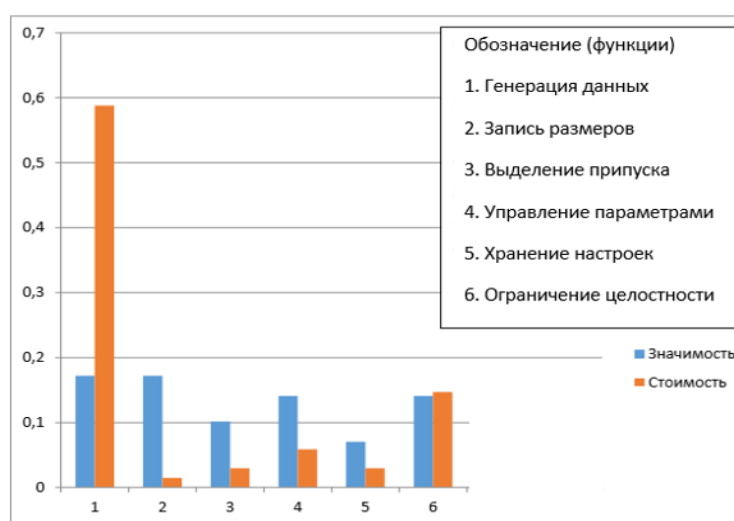


Рисунок 40 – Функционально – стоимостная диаграмма

Из явных диспропорций значимости и стоимости первой и второй пары столбцов в функционально-стоимостной диаграмме, напрашивается вывод, что

усилия в ходе реализации проекта были распределены неправильно. Однако данное несоответствие объясняется спецификой проекта, а именно: значимость функций «Генерация данных» и «Запись размеров» равная, т.к. без записи размеров не может идти и речи о генерации данных, а без генерации нет никакого смысла рассчитывать размеры. В то же время, задача записи размеров является типовой и поэтому легко решается стандартными инструментами, отсюда и малое время, затраченное на её выполнение.

#### **Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом**

Для повышения качества объекта исследования необходимо увеличение трудозатрат на доработку и оптимизацию функций «Выделение припуска», «Управление входными параметрами», «Хранение настроек».

#### **3.2.1 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

В таблице 3.6 приведена форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенции разработчика проекта.

Таблица 3.6 - Бланк оценки степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	3	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1

### Продолжение таблицы 3.6

9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	2
11.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	23	24

Таким образом, можно сделать вывод об уровне перспективности «ниже среднего» для разработки и готовности разработчика к её коммерциализации.

## 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Проект разбивается на этапы выполнения, для распределения задач с целью распределения заработной платы.

Таблица 3.7 – План научно – исследовательской работы

Основные этапы	№	Описание работы	Должность исполнителя
Постановка целей и задач	1	Постановка цели и задач, которые необходимо выполнить для достижения цели	Руководитель
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Анализ конкурентных решений	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Описание архитектуры	Студент
	5	Установка хранения базы данных	Студент
	6	Проектирование модулей генерации данных	Студент
	7	Планирование бизнес-логики	Студент

Разработка технологической документации	8	Проектирование пользовательского интерфейса	Студент
Оформление отчета	9	Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Студент

Таблица 3.8 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	2	3
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 40%
Поиск и анализ аналогичного ПО	НР, И	НР – 20% И – 100%
Описание архитектуры	НР, И	НР – 20% И – 100%
Установка хранения баз данных	И	И – 100%
Планирование бизнес-логики	И	И – 100%
Проектирование пользовательского интерфейса	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 3.8 работ требуются специалисты: инженер «И» (исполнитель ВКР); научный руководитель «НР».

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5} \quad (3.1)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} \quad (3.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 3.9 - Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы	Код	Описание работы	$t_{ож}$ , чел.-дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	1,8
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	9,8
	3	Анализ конкурентных решений	3,8
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Описание архитектуры	4,6
	5	Установка хранения базы данных	7
	6	Проектирование модулей генерации данных	9,8
	7	Планирование бизнес-логики	3,8
	8	Проектирование пользовательского интерфейса	3,2
Оформление отчета	9	Заполнение пояснительной записки	4,6
Итого			48,4

Расчет продолжительности одной работы не является необходимым, т.к. на каждой работе задействован один исполнитель, то есть  $T_p = t_{ож}$ .

Разработка графика проведения научного исследования строится в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.3)$$

где  $T_{ki}$  - продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  
 $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в  
рабочих днях;  $k_{\text{кал}}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (3.4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Результаты расчетов приведены в табл. 4.10

Таблица 3.10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_p$	Длительность работ в календарных днях, $T_k$
	$t_{\text{мин}}$	$t_{\text{мах}}$	$t_{\text{ож}}$			
Составление и утверждение ТЗ	1	3	1,8	Руководитель	1,8	3
Изучение материала по теме	7	14	9,8	Студент	9,8	15
Анализ конкурентных решений	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Описание архитектуры	3	7	4,6	Студент	4,6	7
Установка хранения базы данных	5	10	7	Студент	7	10
Проектирование модулей генерации данных	7	14	9,8	Студент	9,8	15
Планирование бизнес-логики	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Проектирование пользовательского интерфейса	2	5	3,2	Студент	3,2	5
Заполнение пояснительной записки	3	7	4,6	Студент	4,6	7

$$K_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,49$$

Таблица 3.11 - Диаграмма Ганта

Код	Ис-пол-ни-тели	Кол. дн.	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	НР	3															
2	И	15															
3	И	6															
4	И	7															
5	И	10															
6	И	15															
7	И	6															
8	И	5															
9	И	7															

### 3.4 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта

#### 3.4.1 Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов [11]. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 3.12.

Таблица 3.12 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн, руб	Заработная плата на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	1,8	1211	1164,6
2	Изучение материалов по теме	Студент	9,8	888	8702,4
3	Анализ конкурентных решений	Студент	3,8	888	3374,4

Продолжение таблицы 3.12

4	Описание архитектуры	Студент	4,6	888	4 084,8
5	Установка хранения базы данных	Студент	7	888	6 216
6	Проектирование модулей генерации данных	Студент	9,8	888	8702,4
7	Планирование бизнес-логики	Студент	3,8	888	3374,4
8	Проектирование пользовательского интерфейса	Студент	3,2	888	2 841,6
9	Заполнение пояснительной записки	Студент	4,6	888	4084,8

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (3.5)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (3.6)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (3.7)$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:



при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 3.13).

Таблица 3.13 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	105 14	105 14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням	48 -	48 -
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	195

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{22700 \cdot 10,4}{195} = 1211 \text{ руб. — руководитель}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{15460 \cdot 11,2}{195} = 888 \text{ руб. — студент}$$

$$Z_{осн1} = 1211 \cdot 1,8 = 2180 \text{ руб. — руководитель}$$

$$Z_{осн2} = 888 \cdot 46,6 = 41\,380 \text{ руб. — студент}$$

$$Z_{зп1} = 2180 + 436 = 2616 \text{ руб. — руководитель}$$

$$Z_{зп2} = 41380 + 8276 = 49656 \text{ руб. — студент}$$

### 3.4.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (3.8)$$

где  $k_{доп}$  коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15 – 0,2).

$$З_{доп1} = 0,2 \cdot 2180 = 436 \text{ руб. – руководитель}$$

$$З_{доп2} = 0,2 \cdot 41380 = 8276 \text{ руб. – студент}$$

### 3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы, руб:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (3.9)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табл. 3.14.

Таблица 3.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	2180	436
Студент-дипломник	41380	8276
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	30,2%
Итого	790+14996,1=15438,31	

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 30,2\% \cdot (2180 + 436) = 790 \text{ –}$$

руководитель

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 30,2\% \cdot (41380 + 8276) = 14\,996,1 \text{ –}$$

студент

### 3.4.4 Материальные затраты

Материальные затраты – элемент себестоимости продукта. В ходе выполнения научно-исследовательской работы для разработки алгоритма не были приобретены услуги. Использованные программы и библиотеки бесплатны для учащихся в заведениях высшего образования и находятся в открытом доступе. Перечень материалов и затраты на них приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Затраты на материалы

Наименование	Кол-во	Ед. измерения	Цена за ед/руб	Сумма, руб.
Печать на бумаге	128	страницы, шт	2,5	320
Всего за материалы				320
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				13,4
Итого				333,4

### 3.4.5 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot C_{\text{э}} \quad (3.10)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час;

$C_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час. Для ТПУ,  $C_{\text{э}} = 5,8$  руб./кВт · час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3.16 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (3.11)$$

где  $K_t$  – коэффициент использования оборудования по времени,  $K_t = 0,9$

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_C, \quad (3.12)$$

где  $K_C$  – коэффициент загрузки;

$P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Результаты вычислений представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$ , кВт	Затраты $C_{\text{эл.об.}}$ , руб.
Персональный компьютер инженера	954	0,52	496,08
<b>Итого:</b>			<b>496,08</b>

### 3.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 40% от всей суммы затрат. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{нак}} = S_{\text{об.сум.зат}} \cdot 0,4 \quad (3.13)$$

где  $S_{\text{об.сум.зат}}$  – общая сумма всех затрат, составляет 58812,79рубля.

$$C_{\text{нак}} = 58812,79 \cdot 0,4 = 23525,11$$

### 3.4.6 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет сметы затрат на разработку, можно определить общую стоимость разработки проекта «Разработка и программная реализация алгоритма сегментации и распознавания автомобильных номеров» (таблица 3.17)

Таблица 3.17 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
1. Заработная плата	Сзп	42545
2. Материальные затраты	Смат	333,4
3. Отчисления во внебюджетные фонды	Свнеб	15438,31
4. Расходы на электроэнергию	Сэл	496,08
5. Накладные расходы	Снак	23525,11
<b>Итого:</b>		<b>82 337,9</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 82\,337,9$ руб.

### 3.5 Оценка научно-технического уровня проекта

В таблице 3.18 указано соответствие качественных уровней проекта значениям интегрального показателя научно-технического уровня работы.

Таблица 3.18 - Оценка научно-технического уровня проекта

Фактор НТУ	Значимость	Уровень Фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	3	Разрабатывается т.к. является бесплатной в отличие от аналогов
Теоретический уровень	0,1	Разработка способа	6	Разработка программы
Возможность реализации	0,5	В течении первых лет	10	Быстрая разработка с помощью современных инструментальных средств

Интегральный показатель научно-технического уровня составляет:

$$I_{\text{НТУ}} = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 6,8$$

Оценка научно-технического уровня проводится с помощью данных, указанных в таблице 3.19.

Таблица 4.19 - Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1–4
Средний	4–7
Высокий	8–10

Таким образом, научно-исследовательская работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

### **Вывод по разделу**

В данном разделе ВКР был произведён анализ финансовой эффективности разрабатываемого проекта в условиях конкурентоспособной среды. В результате проведения всех необходимых операций, включая расчёт заработной платы и оценку коммерциализации проекта, можно сделать вывод, что разрабатываемый проект хоть и является востребованным с точки зрения затрагиваемых технологических процессов, но настоящий опыт разработчика остаётся на недостаточном для таких проектов уровне по сравнению с имеющимися производителями, что, несомненно, наложит свой отпечаток как на качество конечного продукта, так и на его продвижение на рынке. Однако несмотря на наличие сильных конкурентов, обладающих широкой опытной базой и располагающими значительным кредитом доверия, данное ПО является перспективным для разработки, так как имеющиеся программные комплексы данного направления осуществляют только часть необходимых операций, тогда как существующий проект будет работать с полным спектром ставящихся перед конструкторами задач.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4АМ82	Нораев Дмитрий Сергеевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	«Машиностроение»

Тема ВКР:

Разработка модуля автоматизированного расчета технологических размерных цепей	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: модуль автоматизированного расчета технологических размерных цепей Область применения: машиностроение
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
<b>2. Производственная безопасность</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Превышение уровня шума 2. Отклонение показателей микроклимата 3. Недостаточная освещенность 4. Электробезопасность
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы) и литосферу (отходы).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Пожарная безопасность

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	16.03.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		16.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4АМ82	Нораев Дмитрий Сергеевич		16.03.2020

## **4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места работника офисного помещения – разработчика программного обеспечения, осуществляющего свою деятельность в течение нормированного рабочего дня согласно с нормами производственной безопасности.

Исполнение производственных обязанностей офисным работником связано с рядом специфических вредных факторов, вызванных особенностями его рабочего места: малоподвижная сидячая работа высокой продолжительности, длительное влияние экранов мониторов на органы зрения, работа с мелкими символами, также оказывающая влияние на глаза и т.д. Всё это говорит о необходимости детального анализа условий охраны труда и организации рабочего места работника с целью защиты его здоровья от вредных факторов и увеличения эффективности труда.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (инженер – разработчик), связанного непосредственно с разработкой программного обеспечения.

### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данной работе рассмотрен офис и находящееся в нем оборудование (ПК). Рабочее место располагается на 3 этаже в офисе, помещение представляет собой комнату длиной 10 м шириной 7 м, высотой 3,5 м, 2 окна, выходящих на север, в помещении находится 6 единиц ПК и 6 человек.

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) рабочее время рассматривается, как время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю [12].

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [13]. Каждый день в помещениях, в которых располагаются ПК, проводится влажная уборка, а также систематическое проветривание помещения.

## 4.2. Производственная безопасность

В данном пункте рассматриваются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований.

### 4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Работа по разработке модуля проводилась на персональном компьютере.

При работе с персональным компьютером существуют ряд вредных и опасных факторов:

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Превышение уровня шума;	+	+		ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
1.Отклонение показателей микроклимата;	+	+		
3.Недостаточная освещенность;	+	+		
4.Электробезопасность	+	+	+	



#### **4.2.2 Анализ показателей шума**

Шум с физиологической точки зрения – это любой нежелательный для человеческого слуха звук, который негативно действует на наше здоровье.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к неблагоприятным последствиям: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, притупляется внимание.

Здание, в котором расположен офис, удалено от сильных источников шума, таких как центральные улицы, автомобильные и железные дороги и т.д.

Шум на рабочем месте создается внутренними источниками, такими как устройства кондиционирования воздуха и другим техническим оборудованием. Уровень шума на рабочем месте пользователя персонального компьютера соответствует значениям, установленным СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 (не должен превышать 50 дБА) [16].

В офисе уровень внутренних шумов не превышает предельно допустимого значения, установленного в ГОСТ 12.1.003-2014 [17].

#### **4.2.3 Анализ показателей микроклимата**

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ( $\phi > 85\%$ ) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ( $\phi < 20\%$ ) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 4.2.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в аудитории соответствуют значениям ГОСТ 12.1.005-88, и приведены в таблице 2 [15].

Таблица 4.2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая	19 – 24	15 - 75	$\leq 0.1$
Теплый	легкая	20 - 28	15 - 75	$\leq 0.2$

#### 4.2.4 Анализ освещенности рабочей зоны

К освещенности рабочего места инженера разработчика предъявляются следующие требования:

- освещенность должна соответствовать характеру зрительной работы;
- величина освещенности должна быть постоянна во времени;
- должны отсутствовать пульсации светового потока ИС.

В помещениях, в которых установлены компьютеры, должно быть предусмотрено как искусственное, так и естественное освещение.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 10$  м, ширина  $B = 7$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом

$h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где  $A$  – длина, м;

$B$  – ширина, м.

$$S = 10 \times 7 = 70 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор  $\rho_c = 40\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{\text{п}} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_z = 1,2$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен  $\Phi_{\text{лд}} = 2200$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм, высота – 155 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,2$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{10}{2,4} = 4,16 \approx 4$$

Число светильников в ряду:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{7}{2,4} = 2,91 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 41 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

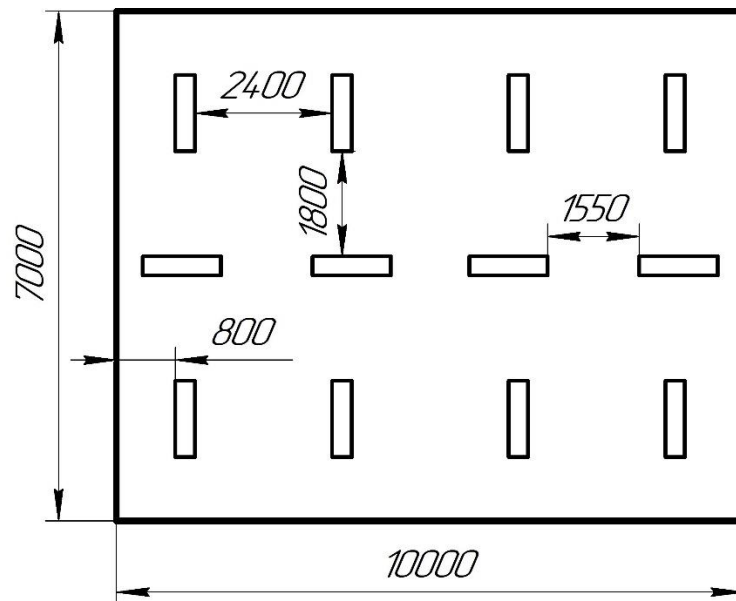


Рисунок 41 – План помещения и размещения светильников.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{10 \cdot 7}{2,0 \cdot (10 + 7)} = 2,05$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\rho_{\Pi} = 70 \%$ ,  $\rho_C = 40\%$  и индексе помещения  $i = 2,05$  равен  $\eta = 0,6$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{2 \cdot 12 \cdot 0,6} = 1925 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2200 - 1925}{2200} \cdot 100\% = 13\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 13\% \leq 20\%$ , необходимый световой поток

#### 4.2.5 Анализ электробезопасности

Электробезопасность – система организационных и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм. Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В. Опасной величиной считается ток, более 1 мА, а смертельным более 100 мА. В офисе проходит безопасное для человека напряжение, что соответствует ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. [19]

Офис относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Это сухое помещение, пол покрыт изоляционным материалом. Влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок», утвержденных Госэнергонадзором от 12.04.2003, офис оборудован следующим образом:

- на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;
- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Основными техническими средствами защиты человека от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются: защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение, электрическое разделение сети, малое напряжение, электрозащитные средства, уравнивание потенциалов, двойная изоляция, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

#### **4.3. Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проекта на окружающую среду.

Экологическая безопасность — это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

Образование отходов является неотъемлемой частью производственных процессов. Отходы загрязняют окружающую среду и образуют высокие концентрации токсичных веществ.

Решения по обеспечению экологической безопасности:

1. для литосферы – вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой;
2. для атмосферы – проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения.

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно-опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в специальных пунктах приема. Во время эксплуатации программных продуктов могут образовываться отходы в виде неисправных или устаревших комплектующих персональных компьютеров

Для обеспечения экологической безопасности возможны пути решения проблем в соответствии с ГОСТ Р 14.01-2005. [22]

Для перехода к безотходного производства необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров соответственно бумаги.

Нужно позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны, энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции практически сравнима со стоимостью новой лампы. Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты

люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как, впрочем, и само стекло.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Исследование проводилось в городе Томск с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. [20]

В зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случае ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.



#### 4.4.1 Анализ пожарной безопасности

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д. К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Офис, в котором проводилась работа над ВКР, относится к категории опасности помещений – В3.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к эвакуационному выходу (рисунок 42).

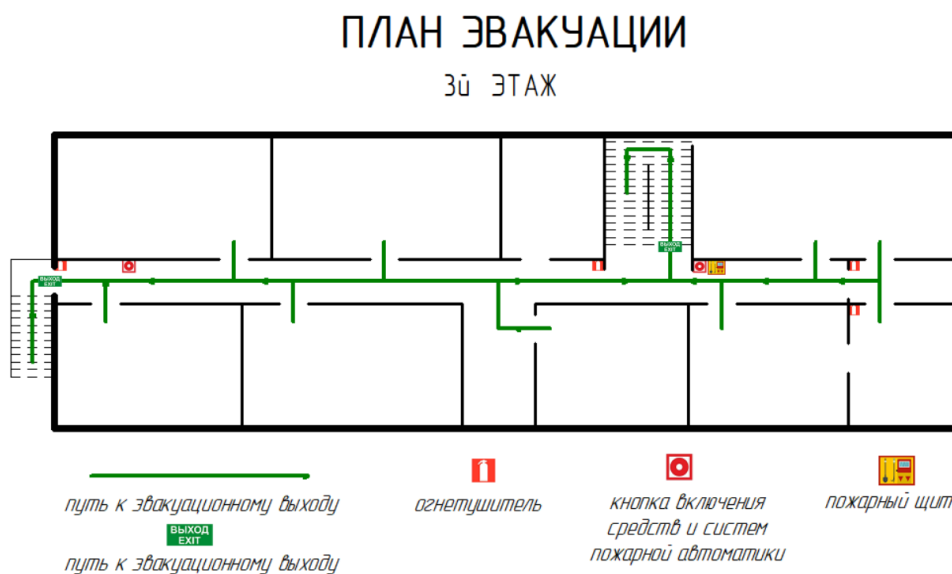


Рисунок 42 - План эвакуации

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85 [10]): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом. Применение пенных огнетушителей не допускается, так как жидкость пропускает ток. Воду разрешено применять только во вспомогательных помещениях [23]. Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

### **Выводы по разделу**

В данном разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы, связанные с организацией труда на рабочем месте разработчика ПО. В ходе выполнения этой работы были выявлены вредные факторы, негативно влияющие на производительность труда и здоровье работника. К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: шум, недостаток освещённости, электробезопасность, отклонения от благоприятного микроклимата.

Для обеспечения безопасности при производстве проводятся мероприятия:

- постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных;
- соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;
- доступ к системе водоснабжения, санузелу;
- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;
- профилактические меры по предупреждению профессиональных заболеваний

-оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы);В подразделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, указаны опасные и вредные производственные факторы, а также методы борьбы с ними. Для устранения бытовых отходов отдельные контейнеры, предложен способ утилизации люминесцентных ламп

В подразделе безопасность в чрезвычайных ситуациях приведены возможные ЧС на рабочем месте, предусмотрены мероприятия по устойчивости работы.

## Заключение

В ходе выполнения ВКР проведен сравнительный обзор существующих программ и программных модулей для автоматизации размерного анализа. Рассмотрены следующие программные решения: модуль Grakon 7 для AutoCAD О. Н. Калачева а также модуль технологического размерного анализа компании «АСКОН» для «Компас-автопроект». Основными недостатками которых является: большая трудоемкость подготовки и ввод исходных данных.

Проведен анализ алгоритма расчета рабочего чертежа и технологического процесса изготовления детали матрица.

Установлены необходимые припуски на обработку и требуемые размеры исходной заготовки, составлена размерная схема технологического процесса изготовления матрицы в продольном направлении и граф технологических размерных цепей, облегчающий их выявление, повышен коэффициент рационального использования материала заготовки.

Для разработки приложения выбран язык Object Pascal, являющийся средой разработки компании Borland Delphi. Программа имеет возможность взаимодействия с другой программой имея тот же набор классов, процедур, функций и констант. Разработана динамически подключаемая библиотека, позволяющая многократное использование с различными программными приложениями в частности Компас 3D.

В процессе разработки приложения были выполнены следующие виды работ:

- выработаны требования к проектируемой системе;
- составлен алгоритм получения конструкторских размеров;
- составлена архитектура проектируемой системы;
- составлена UML - диаграмма классов;
- спроектирован графический интерфейс пользователя;
- реализован режим генерации данных для представлений;

- реализован модуль автоматизированного расчета технологических размерных цепей, добавлена возможность его гибкой настройки пользователем.

В экономической части посчитана цена разработки научно-исследовательской работы. Она составляет 82 337,9 руб.

В разделе социальной ответственности рассмотрены правовые и организационные вопросы, связанные с организацией труда на рабочем месте разработчика ПО. Выявлены вредные факторы, негативно влияющие на производительность труда и здоровье работника., проанализировав которые, можно сделать вывод о соответствии требованиям рабочего места исследователем.

## Список использованных источников

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.: ил.
2. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И.М. Колесов. – М.: Высшая школа. – 1999. – 391 с.: ил.
3. Матвеев В.В., Бойков Ф.И., Размерный анализ технологических процессов механической обработки. Челябинск: ЧПИ, 1974. 125 с.
4. Калачев О.Н. Графическое моделирование размерной структуры технологического процесса на электронном чертеже в среде О.Н. Калачев, Н.В. Богоявленский, С.А. Погорелов /Вестник компьютерных и информационных технологий.
5. Хармац, И. КОМПАС-АВТОПРОЕКТ: точный контроль над технологической информацией. Новые модули и новые возможности системы / И. Хармац // САПР и графика. – 2004. – Июнь. – С. 17–19.
6. Windows Forms–Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Forms](https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_Forms), свободный (04.04.2020). – Загл. с экрана.
7. SQLite – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SQLite>, свободный (06.04.2020). – Загл. с экрана.
8. Обзор рынка программного обеспечения [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://www.marketing.spb.ru/mr/it/market\\_software.htm#4.3](http://www.marketing.spb.ru/mr/it/market_software.htm#4.3), (14.04.20) – Загл. с экрана.
9. Средняя зарплата программиста в Томске, статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://tomsk.trud.com/salary/909/3320.html>, (14.04.20) – Загл. с экрана.
10. Бесплатные инструменты для разработчиков, Visual Studio Community [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.visualstudio.com/ru/vs/community/>, (05.05.16) – Загл. с экрана.
11. Должностные оклады ППС и педагогических работников с 01.06.2016 г. [Текст]: приказ ректора ТПУ от 25 мая 2016 г. №5994
12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

13. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
15. ГОСТ 12.1.005-88. Требования к микроклимату производственных помещений.
16. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
17. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
18. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
19. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
20. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
21. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
22. ГОСТ Р 14.01-2005. Экологический менеджмент. Общие положения и объекты регулирования
23. Чрезвычайные ситуации при работе с ПЭВМ [Электронный ресурс] URL: [http://studopedia.ru/8\\_107307\\_osveshchenie-pomeshcheniyvichislitelnih-tsentrov.html](http://studopedia.ru/8_107307_osveshchenie-pomeshcheniyvichislitelnih-tsentrov.html) (20.05.2020) Загл. – с экрана.

## Приложение А

### Algorithm for calculating technological dimensions

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Нораев Дмитрий Сергеевич		05.06.2020

Консультант школы отделения материаловедения ИШНПТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мухолзоев А.В.			05.06.2020

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кобзева Н.А.	к.п.н.		05.06.2020

## 2.2.6 Algorithm for calculating technological dimensions in the design of the technological process detail matrix

The order of construction of the dimensional scheme and the graph of dimensional relations is convenient to state on a real example, which was chosen as the technological process of mechanical processing of the matrix, a sketch of which is shown in figure 25.

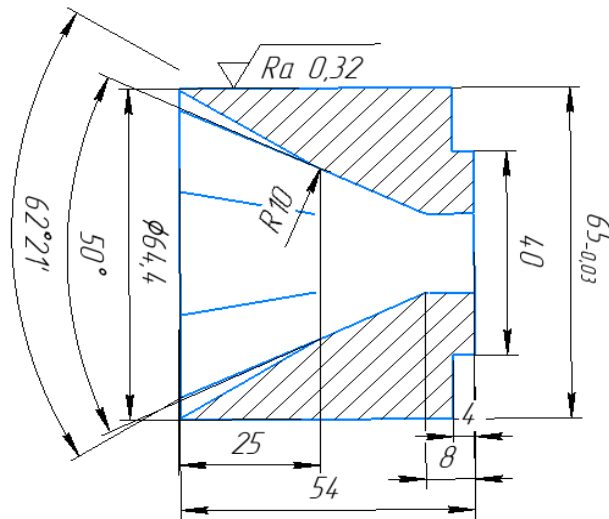


Figure 25 – Sketch of the matrix (40XA13 steel, HRC 45... 50)

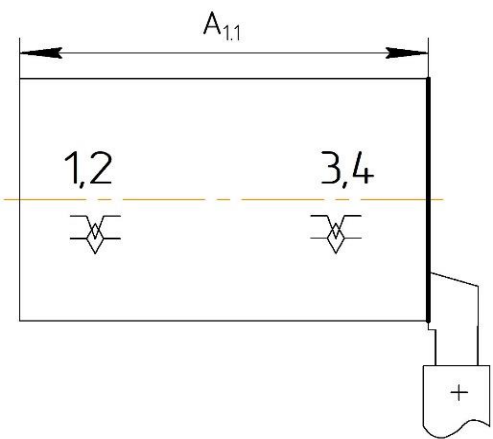
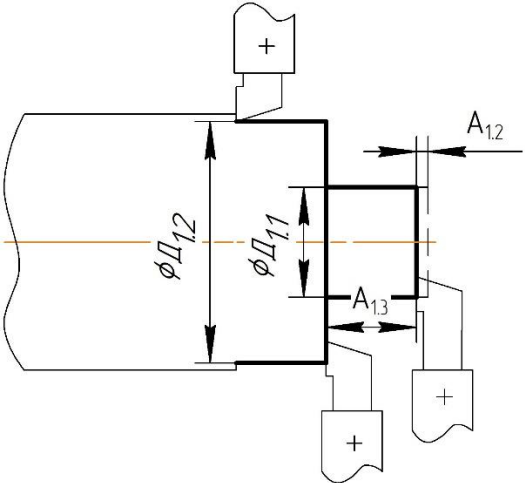
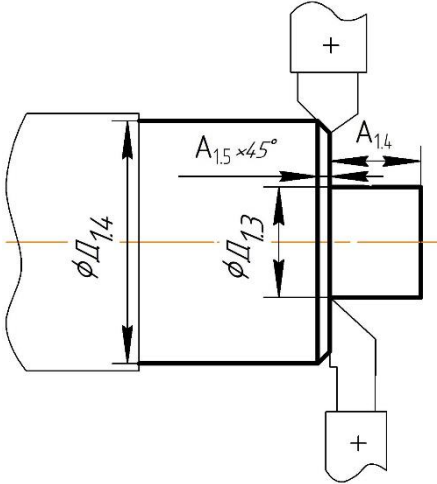
The technological process (see table 2.6) contains a thermal operation, changing the size of the work piece during which we will neglect.

Table 2.6–Routing technological process of matrix processing

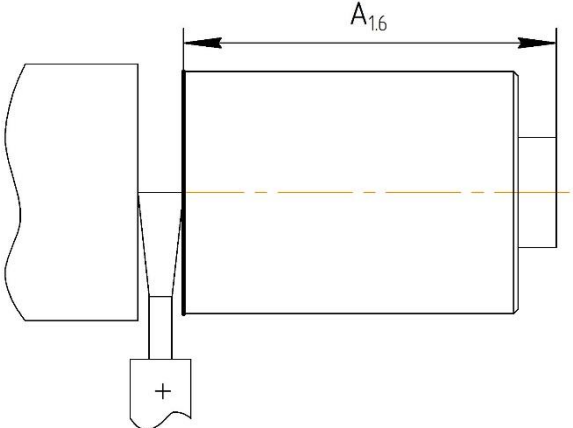
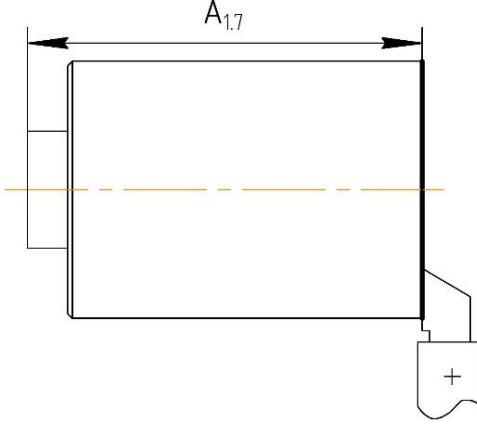
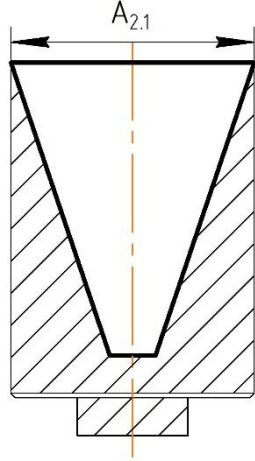
Operation (number and name)	Transition, position (number)	Fixture	Sketch	Traffic content
1	2	3	4	5
1. Turret lathe	1	self-centering chuck		To cut the workpiece maintaining the size $A_{0.1}$



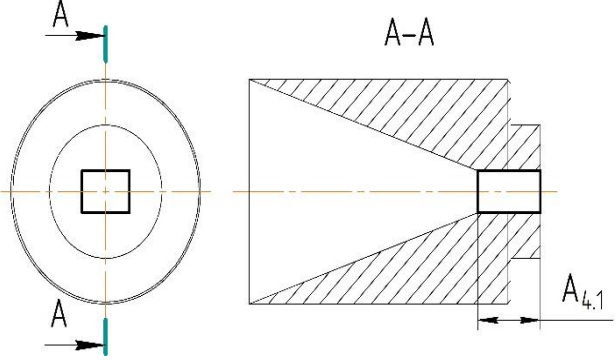
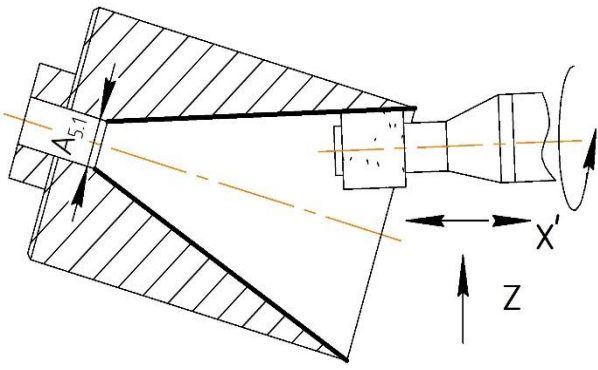
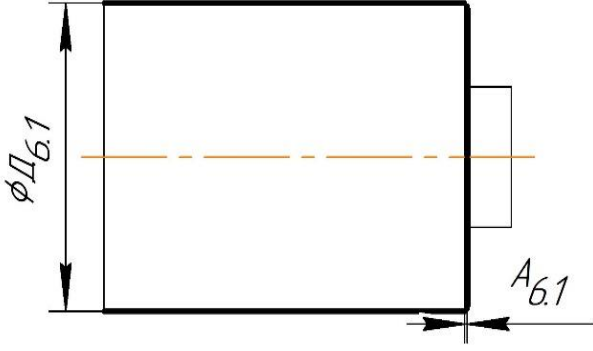
Continuation of table 2.6

	2		 <p>Technical drawing of a rectangular part. A horizontal dimension line at the top is labeled <math>A_{1.1}</math>. A horizontal dashed line across the middle has two points labeled 1,2 and 3,4, each with a small cross symbol below it. On the right side, there is a vertical feature with a plus sign inside a box.</p>	Trim the end of the initial, maintaining the size $A_{1.1}$
	3		 <p>Technical drawing of a cylindrical part. A horizontal dashed line represents the center axis. Two diameters are shown: <math>\phi D_{1.2}</math> for the larger section and <math>\phi D_{1.1}</math> for the smaller section. A horizontal dimension line on the right is labeled <math>A_{1.2}</math>. A vertical dimension line on the right is labeled <math>A_{1.3}</math>. There are two features with plus signs inside boxes: one on the top surface of the larger section and one on the bottom surface of the smaller section.</p>	Cut the end clean off, to grind the surface $\phi D_{1.1}$ and $\phi D_{1.2}$ , maintaining the size $A_{1.2}$ and $A_{1.3}$
	4		 <p>Technical drawing of a cylindrical part. A horizontal dashed line represents the center axis. Two diameters are shown: <math>\phi D_{1.4}</math> for the larger section and <math>\phi D_{1.3}</math> for the smaller section. A horizontal dimension line on the right is labeled <math>A_{1.4}</math>. A chamfer is indicated on the top surface of the smaller section with the label <math>A_{1.5} \times 45^\circ</math>. There are two features with plus signs inside boxes: one on the top surface of the larger section and one on the bottom surface of the smaller section.</p>	To grind the surface $\phi D_{1.3}$ , $\phi D_{1.4}$ maintaining the size $A_{1.4}$ , remove the chamfer $A_{1.5} \times 45^\circ$

Continuation of table 2.6

	5		 <p>A technical drawing of a rectangular workpiece. A horizontal dimension line at the top is labeled <math>A_{1,6}</math>. A dashed horizontal line runs through the center. On the left side, there is a feature with a wavy boundary and a small square containing a '+' sign.</p>	Cut the workpiece to maintain the size $A_{1,6}$
	6		 <p>A technical drawing of a rectangular workpiece. A horizontal dimension line at the top is labeled <math>A_{1,7}</math>. A dashed horizontal line runs through the center. On the right side, there is a feature with a wavy boundary and a small square containing a '+' sign.</p>	Trim the end, keeping the size $A_{1,7}$
2. Milling	1		 <p>A technical drawing of a milled surface. It shows a cross-section of a V-shaped feature. A horizontal dimension line at the top is labeled <math>A_{2,1}</math>. A dashed vertical line runs through the center. The surface is hatched with diagonal lines.</p>	Milling surface withstanding size $A_{2,1}$

Continuation of table 2.6

3. Thermal treatment				Tempering HRC 60...63
4. Electroerosion machining		Prism, stuck		Cut the hole, keeping the size $A_{4.1}$
5. Inside-CNC grinding machine	1	Diaphragm-operated chuck		Grind the surface to maintain the size $A_{5.1}$
6. Round grinding	1			Grind the surface $\phi D_{6.1}$ , to maintain the size $A_{6.1}$

### 2.2.6.1 Calculation of Diametric technological dimensions

This calculation is based on the condition that minimum processing allowances are provided. The calculation is performed using the maximum-minimum method using the average values method.

For the calculation, dimensional schemes of technological routes for processing surfaces of rotation of the matrix are drawn up, shown in Fig.21. in the diagrams, the letter K with an alphanumeric index indicates the Diametric design dimensions (the letter D in the index means that the design size is diametric, the figure means its ordinal number). The letter Z with an alphanumeric index names the allowances (the letter D in the index means that this is a diameter allowance, the figure corresponds to the index of the diametric technological size, which is removed when getting this allowance). The previously defined tolerances or maximum deviations of the diametric technological dimensions, as well as the values of the minimum allowances, are indicated in brackets.

Calculation of the rolled product diameter. To determine the diameter of rolled products  $D_0$  it is necessary to consider the technological dimension chain  $D_0, D_{1.2}, Z_{1.2}, D_{1.4}, Z_{1.4}, D_{6.1}$ . In this chain, we know: the complete component link ( $D_{6.1} = K_{D1}$ ), the maximum deviations of the component link  $D_0$  and the minimum value of the closing link – the allowance  $Z_{6.1}$ . It is necessary to find the nominal value of the link. In accordance with this decision, we find the average value of the link  $D_{6.1}$ .

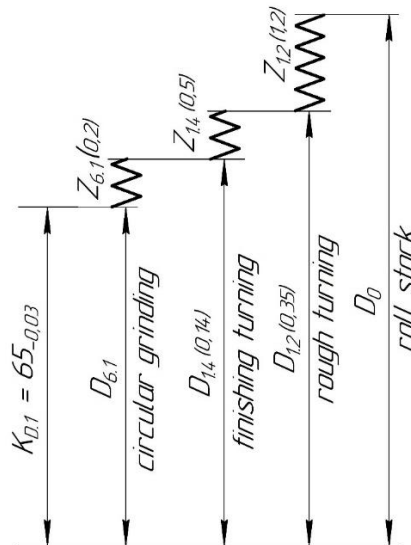


Figure 26 - Dimensional diagram of the technological route of processing surfaces of rotation of the matrix

$$D_{6.1}^c = D_{6.1} + \frac{UDD_{6.1} + LDD_{6.1}}{2} = 65 + \frac{0 - 0,03}{2} = 64,985 \text{ (mm)}.$$

Then find

$$Z_{D6.1}^c = Z_{D6.1min} + \frac{TD_{1.3} + TD_{6.1}}{2} = 0,2 + \frac{0,03 + 0,14}{2} = 0,285 \text{ (mm)}.$$

and calculate

$$D_{1.4}^c = D_{6.1}^c + Z_{D6.1}^c = 64,985 + 0,285 = 65,27 \text{ (mm)}.$$

Link  $D_{1.4}$  is written as  $D_{1.4} = 65,27 \pm 0,07 \text{ mm}$

Next, we proceed to consider the chain  $D_{1.2}, D_{1.4}, Z_{1.4}$  and from it we similarly find  $D_{1.2}$ . For this we define

$$Z_{D1.4}^c = Z_{1.4min} + \frac{TD_{1.2} + TD_{1.4}}{2} = 0,5 + \frac{0,35 + 0,14}{2} = 0,745 \text{ (mm)}.$$

and count

$$D_{1.2}^c = D_{1.4}^c + Z_{D1.4}^c = 65,27 + 0,745 = 66,015 \text{ (mm)}.$$

Thus, we obtain  $D_{1.2}^c = 66,015 \pm 0,175 \text{ mm}$

Since for the dimensions of the shafts obtained by machining, it is customary to use the largest limit size as the nominal size, then we finally write  $D_{1.4} = 65,275_{-0,14} \text{ mm}$  and  $D = 66,015_{-0,35} \text{ mm}$ .

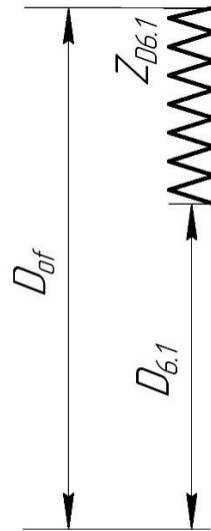


Figure 27 - Technological dimensional chain with a closing link – allowance  $Z_{D6.1}$

Define the tolerance of the link  $D_0$

$$TD_0 = UDD_0 - LDD_0 = 0,1 - (-0,9) = 1 \text{ mm}$$

Find the average value of the allowance  $Z_{D1.2}$

$$Z_{D1.4}^c = Z_{1.4min} + \frac{TD_{1.2} + TD_{1.4}}{2} = 1,2 + \frac{0,35+1}{2} = 1,875 \text{ (mm)}.$$

The average value of the link is calculated  $D_0$

$$D_0^c = D_{1.2}^c + Z_{D1.2}^c = 66,015 + 1,875 = 67,89 \text{ (mm)}.$$

Thus, the calculated value of this link is  $67,89_{-0,9}^{+0,1}$ .

Choose a roll stock  $\varnothing D_{of} = 68_{-0,9}^{+0,1}$ . The actual value of a stock  $Z_{1.2}$  will be

$$ZD_{1.2f} = D_{of} - D_{1.2} = 68_{-0,9}^{+0,1} - 65_{-0,03} = 3_{-0,9}^{+0,13} \text{ (mm)}.$$

## 2.2.6.2 Calculation of longitudinal technological dimensions

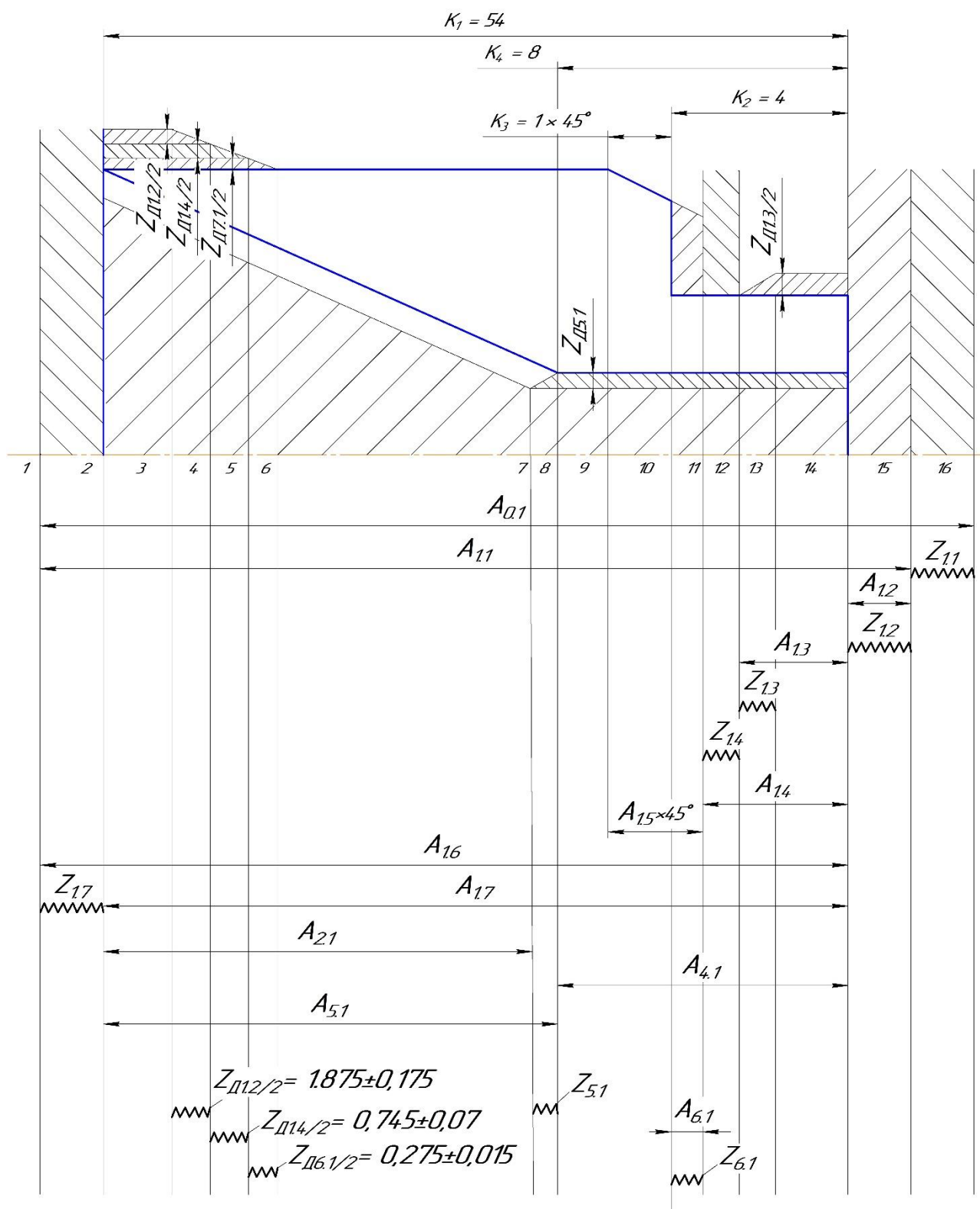


Figure 28 - Dimensional diagram of the manufacturing process of the matrix (longitudinal direction)

For the calculation, a dimensional diagram of the manufacturing process of the bushing in the longitudinal direction is constructed (figure 25) and a graph of technological dimensional chains (figure 26), which facilitates their identification.

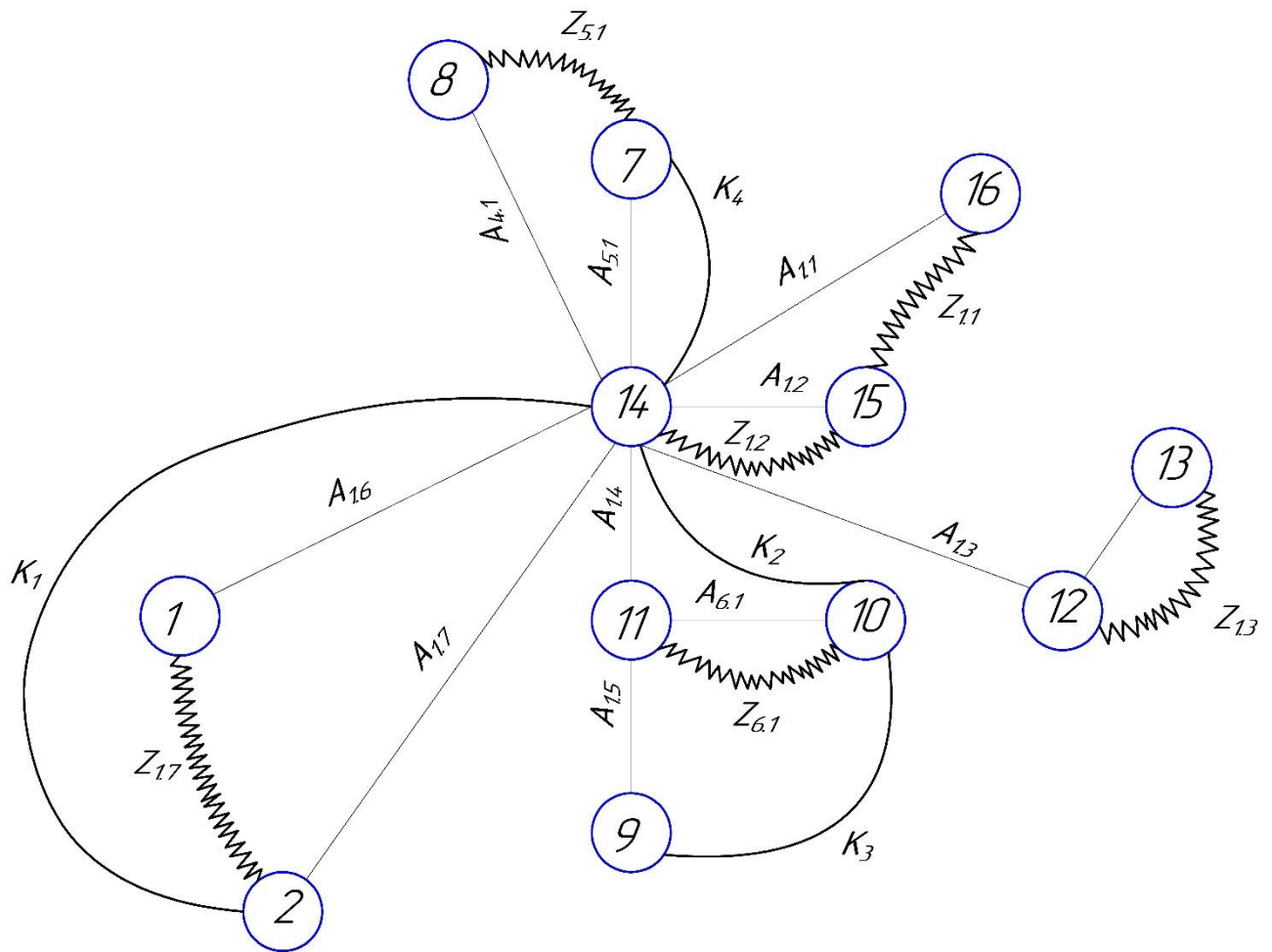


Figure 29-Graph of technological dimensional chains formed during the manufacture of the matrix (longitudinal direction)



## References

1. Mukholzoev A.V. The algorithm for automated calculation of technological dimensional chains. Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Mashinostroenie, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 48–55.